Normen voor waterbeheer: op welke gronden?

Differentiatie in bescherming tegen wateroverlast binnen regionale watersystemen op basis van grondgebruik

H. van der Most
F.J.E. van der Bolt

970757

WL | delft hydraulics

OPDRACHTGEVER: Unie van Waterschappen

TITEL: Normen voor waterbeheer: op welke gronden?

SAMENVATTING:

De wateroverlast van september en oktober 1998 is voor de waterschappen aanleiding geweest een discussie op gang te brengen over de eisen die aan de waterhuishouding gesteld moeten worden. Deze discussie over normstelling komt voort uit de wens te kunnen beoordelen of de infrastructuur die door de waterschappen wordt beheerd voor haar taak is berekend. Tevens is er de behoefte aan ingelanden duidelijk te kunnen maken in welke mate het waterschap bescherming biedt tegen wateroverlast. De discussie over normstelling heeft ondermeer geresulteerd in de Unienotitie 'Normen voor het waterbeheer'. Daarbij wordt uitgegaan van een differentiatie in beschermingsniveau op basis van verschillen in schadeverwachting voor te onderscheiden vormen van grondgebruik. WL | DELFT HYDRAULICS is gevraagd de in de Unienotitie geschetste normering voor het waterbeheer nader uit te werken en te onderbouwen.

Op basis van een verkenning van de schadegevoeligheid zijn conclusies getrokken met betrekking tot de bij de normstelling te onderscheiden vormen van grondgebruik en de relatieve ordening van gewenste beschermingsniveaus van deze vormen van grondgebruik. Vervolgens is een uitwerking gegeven van de normstelling. Hiertoe is gedefinieerd onder welke omstandigheden een watersysteem faalt en is een samenhangend voorstel gedaan voor kritieke peilen en daaraan gekoppelde toelaatbare overschrijdingsfrequenties voor de onderscheiden vormen van grondgebruik. Tenslotte is een methodiek uitgewerkt met behulp waarvan het risico van wateroverlast kan worden vastgesteld en waarmee normen kunnen worden getoetst.

REFERENTIES: Opdrachtbrief van Unie van Waterschappen; kenmerk 993488 WW/SW van 24 juni 1999

VER.	AUTEUR		DATUM	OPMERK.	REVIEW		GOEDKEURING	
1.0	H. van der Most (WL),		21 oktober 1999		A.G. Segeren		E. van Beek	
	F.J.E. van der Bolt (SC)							

PROJECTNUMMER:		T2375						
TREFWOORDEN:		normen, wateroverlast, methodiek, regionale watersystemen, schadegevoeligheid						
INHOUD:	TEKST	55	TABELLEN	7	FIGUREN	5	APPENDICES	3
STATUS:	☐ VOORLOPIG		☐ CONCEPT		☒ DEFINITIEF			

Inhoud

Begrippenlijst ..... **iii**

Samenvatting ..... **v**

1 Inleiding **1–1**

2 Probleem- en doelstelling **2–1**

2.1 Inrichting en beheer van regionale watersystemen 2–1

2.2 Wateroverlast binnen regionale watersystemen 2–5

2.3 Opzet en basis van normstelling 2–7

2.4 Doelstelling en reikwijdte van studie 2–9

3 Aanpak op hoofdlijnen van een gedifferentieerde normstelling **3–1**

4 Verkenning van schadegevoeligheid van vormen van grondgebruik **4–1**

4.1 Inleiding 4–1

4.2 Factoren van invloed op schadeverwachting 4–1

4.3 Schadegevoeligheid van landbouwkundig bodemgebruik 4–3

4.4 Schadegevoeligheid van andere vormen van bodemgebruik 4–7

4.5 Conclusies ten aanzien van opzet van normstelling 4–11

5 Normstelling voor bescherming tegen wateroverlast **5–1**

5.1 Inleiding 5–1

5.2 Falen van regionale watersystemen 5–1

5.3 Normhoogten voor bescherming tegen wateroverlast 5–4

5.4 Samenhang binnen de afvoerketen 5–8

5.4.1 Gemeenschappelijke maat voor risico van wateroverlast 5–8
5.4.2 Stremming van afwatering naar de boezem 5–9
5.4.3 Opstuwing bij vrij afwaterend gebied 5–9

6 Beoordeling van risico van wateroverlast 6–1

6.1 Inleiding 6–1

6.2 Methodiek voor kwantificering van risico van wateroverlast 6–1

6.2.1 Risico van wateroverlast van peil- en afvoergebieden 6–1
6.2.2 Stremming van afvoer bij peilbeheerst gebied 6–5
6.2.3 Opstuwing van afvoer bij vrij afwaterend gebied 6–5

6.3 Beoordeling beschermingsniveau in huidige situatie 6–6

7 Conclusies en aanbevelingen 7–1

7.1 Conclusies 7–1

7.2 Aanbevelingen 7–1

8 Literatuur 8–1

Bijlagen

A Unienotitie 'Schets voor normen waterbeheer'

B Landbouwkundige achtergronden van gewasgroei en gewasproductie

C Methodiek voor schatting landbouwkundige schade

Begrippenlijst

afwatering	de afvoer van water via een stelsel van open waterlopen naar een lozingspunt in het afwateringsgebied
ontwatering	de afvoer van water uit percelen over en door de grond en eventueel door drainbuizen en greppels naar een stelsel van grotere waterlopen
ontwateringsdiepte	de afstand tussen het grondoppervlak (maaiveld) en de *hoogste* grondwaterstand tussen de ontwateringsmiddelen (greppels, sloten, drains)
ontwateringsbasis	de grondwaterstand die bereikt wordt na een droge periode en dan bij benadering overeenkomt met de waterstand in de ontwateringsmiddelen of de hoogteligging van de drainbuizen
opbolling	het *maximale* hoogteverschil tussen de waterstand in de ontwateringsmiddelen en de grondwaterstand daartussen in een afvoersituatie
drooglegging	het hoogteverschil tussen de waterstand in een waterloop en het grondoppervlak (maaiveld)
streefpeil	het reglementair vastgestelde waterpeil in een polder (peilgebied) dat door de beherende instantie wordt nagestreefd
peilgebied	een gebied waarin één en hetzelfde peil wordt nagestreefd
wateroverlast	verzamelterm voor schade, ongemak en ontreddering door hoge waterstanden tengevolge van overvloedige neerslag en/of onvoldoende afwatering
schade	economisch waardeerbare productieverliezen, herstelkosten, e.d. voor burgers, ondernemers en overheid (in dit geval schade door wateroverlast)
schadeverwachting	verwachtingswaarde ('gemiddelde') van schade over eenlange reeks van jaren
falen	het niet (langer) vervullen van de beoogde functie van het systeem (in dit geval bescherming bieden tegen wateroverlast)
risico (van wateroverlast)	het product van kans en gevolg van een ongewenste gebeurtenis (in dit geval de kans op het optreden van wateroverlast met een zekere omvang, uitgedrukt in de overschrijdingsfrequentie van een kritiek peil
beschermingsniveau	de mate van bescherming die het watersysteem biedt (in dit geval bescherming tegen wateroverlast)
kritiek peil	het peil van grond- of oppervlaktewater waar bij overschrijding ervan het watersysteem niet meer naar behoren functioneert.
overschrijdings-frequentie	de frequentie waarmee een bepaalde drempelwaarde (in dit geval een kritiek peil) wordt overschreden; gemiddeld over een lange reeks van jaren

gebiedstype	een gebied met een bepaalde vorm van grondgebruik (bijv. akkerbouw, bedrijfsterrein, e.d.)
norm	beschrijft de toestand waaraan moet worden voldaan om van goed functioneren te kunnen spreken
normhoogte	invulling van een norm met getalswaarden om de norm concreet toetsbaar te maken (in dit geval de combinatie van een kritiek peil en de toelaatbare overschrijdingsfrequentie

Samenvatting

Kader en doel van het onderzoek

De wateroverlast van september en oktober 1998 is voor de waterschappen aanleiding geweest een discussie op gang te brengen over de eisen die aan de waterhuishouding gesteld moeten worden. Deze discussie over normstelling komt voort uit de wens van de waterschappen om helder te kunnen communiceren over de mate waarin zij in staat zijn om bescherming te bieden tegen wateroverlast. De maatschappij vereist dat grenzen aan de mogelijkheden van waterbeheerders bij hevige regenval redelijk en onderbouwd worden gekozen en dat zij inzichtelijk zijn. Kan aan deze eisen niet worden voldaan dan zullen dergelijke grenzen niet worden herkend en erkend. Wateroverlast wordt in dergelijke gevallen, ongeacht welk aandeel de natuur daar in ook heeft, beschouwd als tekortschieten van de verantwoordelijke overheid.

De huidige ontwerpnormen en uitgangspunten bieden niet de vereiste helderheid. In deze studie is daarom gezocht naar een heldere en communiceerbare norm als uitgangspunt voor het waterbeheer in extreme situaties; een norm waaraan de waterbeheerder zijn watersysteem en daarbij behorende infrastructuur kan toetsen. In feite bestaat het vraagstuk uit twee elementen: (1) bestaat er een eenheid waarin het functioneren van het watersysteem inrelatie tot wateroverlast kan worden uitgedrukt en (2) op welk niveau kan redelijkerwijs worden gesproken van goed functioneren?.

Ten aanzien van het eerste punt zal in dit rapport worden voorgesteld te werken met normen die betrekking hebben op het totale *gedrag* van het watersysteem; daarbij gaat het om de frequentie waarmee kritieke peilen worden overschreden. De bestaande ontwerpnormen voor de waterhuishouding zien slechts op (onderdelen van) *capaciteiten* van het systeem, zoals de normen voor ontwateringsdiepte, drooglegging en afwatering. Zij geven een onvoldoende beeld van het risico van wateroverlast. Deze normen zijn daarom niet geschikt voor de gewenste communicatie met ingelanden en de mede overheden van de waterschappen.

Ten aanzien van het tweede punt (de normhoogte) wordt in dit rapport aangesloten bij de gangbare probabilistische ontwerpmethoden waarbij wordt gestreefd om de investeringen ter vermijding van een gebeurtenis in balans te brengen met de schade als gevolg van een dergelijke gebeurtenis.

De discussie over normstelling heeft onder meer geresulteerd in de Unienotitie 'Schets voor normen waterbeheer', waarin een differentiatie in beschermingsniveau wordt voorgesteld op basis van verschillen in schadeverwachting. Deze notitie werd opgesteld door de ad hoc–Commissie evaluatie regionale hoogwaters 1998 van de Unie van Waterschappen. Het onderhavige onderzoek richt zich op een nadere uitwerking en onderbouwing van een dergelijk gedifferentieerde normenstellingssystematiek voor bescherming tegen wateroverlast. Tevens wordt een methodiek geschetst met behulp waarvan het risico van wateroverlast kan worden gekwantificeerd. Beide methodieken hebben betrekking op zowel het bemalen polder- en boezemgebied als het vrij afwaterende gebied.

De werkzaamheden hiervoor werden begeleid door de eerder genoemde ad hoc commissie van de Unie van waterschappen.

Volledigheidshalve zij opgemerkt dat het bestuurlijk proces met betrekking tot de vaststelling en invoering van normen volgens de hier aangedragen methodiek, de daarbij behorende verantwoordelijkheidsvraagstukken alsook de eventuele wijziging van functies van een gebied vallen buiten de reikwijdte van dit onderzoek.

Uitgangspunten voor een gedifferentieerde normstellingssystematiek

Bij de normstellingssystematiek die in dit rapport wordt voorgesteld wordt uitgegaan van het verband tussen schadeverwachting als gevolg van wateroverlast en de hoogte van het beschermingsniveau tegen wateroverlast. Indien de schadeverwachting groot is dan is het economisch rendabel om meer te investeren in de waterhuishoudkundige infrastructuur waarmee het beschermingsniveau wordt verhoogd. De schadeverwachting vormt daarmee een belangrijke factor voor het te kiezen beschermingsniveau. Daarnaast zullen ook minder rationele argumenten van invloed zijn op een vast te stellen beschermingsniveau, te denken is daarbij aan levensgevaar en menselijk leed. Dergelijke factoren zullen in een uiteindelijke bestuurlijke weging tot hun recht moeten komen. Wel kan worden gesteld dat, omdat het hier gaat over wateroverlast waarbij levensgevaar betrekkelijk gering is, de economische factor van groot belang en zelfs richtinggevend is. Op die economische factor voor de vaststelling van het gewenste beschermingsniveau richt dit rapport zich derhalve.

In dit rapport wordt uitgegaan van een differentiatie in de mate van bescherming tegen wateroverlast op basis van verschillen in schadeverwachting van te onderscheiden vormen van grondgebruik ('gebiedstypen'). De normstellingssystematiek is voorts gericht op de taak van de waterschappen en heeft daarom betrekking op de bescherming tegen wateroverlast *voorzover* deze met waterhuishoudkundige infrastructuur en beheer is te beïnvloeden. Het betreft dan de zogenaamde afwatering. Grondwateroverlast kan ook beïnvloed worden door de grondgesteldheid en de ontwatering. Deze zaken vormen evenwel een verantwoordelijkheid van de grondeigenaar of grondgebruiker of de gemeente (dit laatste vooral in bebouwd gebied).

Er kunnen - in relatie tot het functioneren van de afwatering - twee vormen van wateroverlast worden onderscheiden:

- overlast door oppervlaktewater dat over het gebied stroomt (inundatie).
- overlast door hoge grondwaterstanden die worden veroorzaakt door hoge standen van het oppervlaktewater (ongewenste beïnvloeding van de ontwatering);

Verkenning schadegevoeligheid van grondgebruik

Een systematische kwantificering van de schade ten gevolge van wateroverlast is (vooralsnog) niet goed mogelijk. Zo geldt voor de schadegevoeligheid van landbouwgewassen dat deze sterk afhankelijk is van het tijdstip waarop en de duur waarover het hoogwater optreedt. Kennis hiervan ontbreekt op dit moment goeddeels.

Voordat er voor de verschillende vormen van grondgebruik geschikte schadefuncties beschikbaar zijn voor de verschillende invloedsfactoren is er nog een lange weg te gaan. Met een systematische analyse van de schadecijfers van de wateroverlast van najaar 1998 zou op dit punt een belangrijke stap voorwaarts kunnen worden gemaakt.

De uitgevoerde verkenning biedt wel handvatten om op basis van verschillen in schadegevoeligheid een onderscheid te maken in de volgende vormen van grondgebruik:

- weidegrond
- akkerbouw
- hoogwaardige land- en tuinbouw
- glastuinbouw
- woongebied
- bedrijfsterreinen

De beschikbare schadecijfers geven weinig aanleiding binnen de categorieën akkerbouw (granen, mais, aardappelen) en 'hoogwaardige land- en tuinbouw' (fruitteelt, boomteelt, tuinbouw en bollenteelt) nog een verdere differentiatie aan te brengen.

Gelet op de schadeverwachting lijkt het redelijk om aan akkerbouw een wat hoger beschermingsniveau tegen wateroverlast toe te kennen dan aan weidegrond. Voor hoogwaardige land- en tuinbouw zou het beschermingsniveau aanzienlijk hoger moeten liggen dan voor weidegrond, terwijl voor glastuinbouw, woongebied en bedrijfsterreinen het beschermingsniveau ten minste een orde hoger moet liggen dan voor weidegrond.

Falen van regionale watersystemen

Het gewenste beschermingsniveau moet worden vertaald in eisen aan de inrichting en het beheer van het watersysteem. Deze vertaling moet aansluiten op de kenmerken van het watersysteem en de manier waarop wateroverlast zich manifesteert. Om te kunnen vaststellen welke mate van bescherming wordt geboden, moet worden gedefinieerd onder welke omstandigheden een watersysteem faalt. Voorgesteld is de overschrijding van een kritiek peil te hanteren als maat voor het falen van het watersysteem omdat peiloverschrijding een helder begrip vormt, eenvoudig te constateren is en een directe relatie heeft met schade door wateroverlast. Verder is een voordeel van het hanteren van een kritiek peil dat dit concept in beginsel hanteerbaar is voor zowel peilbeheerste als vrij afwaterende gebieden. Het concept biedt tevens goede mogelijkheden om in te spelen op ruimtelijke verschillen in grotere peil- of afvoergebieden. Indien nuttig of nodig kan gewerkt worden met kritieke peilen op een aantal representatieve locaties binnen het gebied.

Het definiëren van een norm voor het falen van een watersysteem vergt het vaststellen van kritieke peilen voor begin van inundatie resp. voor ongewenste beïnvloeding van ontwatering en de maximaal toelaatbare frequenties van overschrijding van de kritieke peilen.

Indicatieve normhoogten voor bescherming tegen wateroverlast

Het vaststellen van normhoogten op basis van een volledige kosten-baten analyse van mogelijke investeringen en daarmee te realiseren vermindering van de schade door wateroverlast per gebied is vooralsnog niet goed mogelijk. De schade ten gevolge van wateroverlast kan nog onvoldoende nauwkeurig worden vastgesteld en binnen een gebiedstype bestaan grote verschillen in de potentiële schade.

Daarom is in dit onderzoek een meer kwalitatieve (indirecte) benadering gevolgd om de gewenste normhoogten af te leiden. De *relatieve* ordening van gewenste beschermingsniveaus van gebiedstypen vanuit de verkenning van de schadegevoeligheid vormt daarbij de basis. In aanvulling daarop wordt informatie gebruikt over het risico van wateroverlast in de huidige situatie resp. informatie over normen voor het falen van boezemkaden. Door combinatie van deze inzichten kan een samenhangende set van gewenste normhoogten worden afgeleid.

De voorgestelde normhoogten hebben voor de systeemontwikkeling in dit rapport een indicatief karakter. Ze kunnen worden benut voor toetsing van het risico van wateroverlast in de bestaande situatie. Het indicatieve karakter van de normhoogten maakt het voorts mogelijk om bij invulling van de norm volgens deze methode rekening te houden met regionale verschillen in het optimale beschermingsniveau tegen wateroverlast. Dergelijke regionale verschillen zullen in een uiteindelijk vast te stellen norm, met de daarbij behorende peilen, leiden tot een zeker 'fine tuning'.

Normhoogten voor (begin van) inundatie

In Tabel 1 zijn voor de norm van begin van inundatie per onderscheiden gebiedstype toelaatbare overschrijdingsfrequenties voorgesteld. Ten aanzien van het kritieke peil geldt voor alle gebiedstypen de waterstand die overeenkomt met de maatgevende maaiveldhoogte, dat is de maaiveldhoogte die door slechts 5% van het gebied wordt onderschreden.

Tabel 1 Indicaties van toelaatbare overschrijdingsfrequenties per gebiedstype voor de norm voor begin van inundatie

Vorm van bodemgebruik (gebiedstype)	Toelaatbare overschrijdingsfrequentie (herhalingstijd in jaren)
Weidegrond	1:5 tot 1:10
Akkerbouw	1: 10 tot 1: 20
Hoogwaardige land- en tuinbouw	1: 30 tot 1: 60
Glastuinbouw	1: 50 tot 1:100
Woongebied	1: 50 tot 1:150
Bedrijventerreinen (industriegebied)	1:50 tot 1: 100

Gelet op de onzekerheden in de schaderamingen wordt voor de toelaatbare overschrijdingsfrequenties ook een marge aangegeven. Deze marges kunnen worden benut om in te spelen op de specifieke kenmerken van het beschouwde gebied. Hierbij te denken aan: de dichtheid van bebouwing bij woongebieden, de economische waarde van toegepaste teelten resp. de waarde en kwetsbaarheid van specifieke vormen van bedrijvigheid bij bedrijventerreinen. Bij landbouwkundig bodemgebruik kan tevens rekening worden gehouden met verschillen in schade tussen wateroverlast in het groeiseizoen en daarbuiten.

Normhoogten voor ongewenste beïnvloeding van ontwatering

Het vaststellen van een kritiek peil en een toelaatbare overschrijdingsfrequentie is voor de norm voor beïnvloeding van ontwatering echter een uiterst lastige zaak, temeer daar overschrijding van een kritiek oppervlaktewaterpeil een indirecte maat vormt voor grondwateroverlast. Om het kritiek peil goed onderbouwd te kunnen vaststellen is een nadere analyse nodig van het neerslag-afvoer proces, in het bijzonder de interactie tussen oppervlaktewater en grondwater. Een dergelijke analyse moet inzicht opleveren in welke mate wateroverlast wordt veroorzaakt door beperkingen in de ontwatering resp. door beperkingen in de afwatering.

Daarnaast is voor de afleiding van een norm voor beïnvloeding van ontwatering inzicht nodig in de schadegevoeligheid van verschillende vormen van grondgebruik voor incidenteel optredende hoge grondwaterstanden. Nog sterker dan bij de norm voor begin van inundatie geldt dat de omvang van de schade door hoge grondwaterstanden seizoensafhankelijk is. Op dit moment ontbreekt de benodigde informatie over schadegevoeligheid goeddeels.

De relatieve ordening van schadegevoeligheid biedt op zich wel een basis voor de afleiding van toelaatbare overschrijdingsfrequenties van een kritiek peil voor de verschillende gebiedstypen. Echter de bestaande kennis van de interactie tussen grond- en oppervlaktewater en van de schadegevoeligheid voor incidentele hoge grondwaterstanden vormen op dit moment een te wankele basis voor de vaststelling van een norm voor beïnvloeding van ontwatering. Daarom is er in deze fase van afgezien indicatieve normhoogten te presenteren voor deze norm op een vergelijkbare wijze als voor de norm van begin van inundatie.

Samenhang binnen de afvoerketen

De voorgestelde normhoogten hebben betrekking op gebiedstypen: afvoer- of peilgebieden met bepaalde vormen van grondgebruik. Bij de afwatering dient rekening te worden gehouden met een aantal schakels binnen de afvoerketen, die van invloed kunnen zijn op het risico van wateroverlast. Om de beschermingsniveaus in de hele keten van ontwatering, afwatering polders en afwatering boezems goed op elkaar te kunnen afstemmen is in wezen een gemeenschappelijke maat nodig voor wat wordt beschouwd als falen. Falen van de gehele keten dient daarbij vertaald te worden naar wateroverlast en schade op het veld. Vervolgens dient dan op basis van dat inzicht te worden getoetst of de bijdragen aan het risico van wateroverlast van de verschillende onderdelen van de keten goed op elkaar zijn afgestemd. Voor de (globale) methodiek die hier wordt uitgewerkt voert dit evenwel te ver.

De Unienotitie gaat beknopt in op de normen op boezemniveau in relatie tot normen op gebiedsniveau. De leidende gedachte is dat andere factoren die van invloed zijn op de bescherming tegen wateroverlast geen (noemenswaardige) bijdrage meer mogen leveren aan het gekozen beschermingsniveau van het gebied. De bijdrage aan de wateroverlast en schade in de polders door een maalbeperking/maalstop op de boezem mag dus niet meer bedragen dan zo'n 5-10 % van de totale overlast en schade. De boezem faalt dan wanneer door een maalbeperking/maalstop 5 - 10 % extra waterbezwaar in polders optreedt ten opzichte van een situatie waarbij de polders volledig ongehinderd op de boezem (hadden) kunnen uitslaan. In analogie met de afvoerketen bij een peilbeheerst gebied zou als richtlijn kunnen gelden dat in een vrij afwaterend gebied het *extra* risico van wateroverlast ten gevolge van opstuwing vanuit het ontvangende water niet meer dan 5 - 10 % mag bedragen vergeleken met de situatie van een ongestuwde afvoer.

Methodiek voor kwantificering van risico's van wateroverlast

Om de mate van bescherming tegen wateroverlast te kunnen toetsen aan een norm is een methodiek nodig met behulp waarvan het risico van wateroverlast eenduidig kan worden vastgesteld. De voorgestelde normstellingssystematiek heeft implicaties voor de opzet en uitgangspunten van de methodiek:

- de methodiek moet zijn gericht op het kwantificeren van het systeemgedrag en moet daarbij recht doen aan het dynamische karakter van de verschillende situaties die kunnen optreden;
- de effectiviteit van maatregelen als waterberging, calamiteitenpolders, e.d. moet met behulp van de methodiek kunnen worden vastgesteld; dat wil zeggen dat het systeemgedrag onder buitengewone omstandigheden in de methodiek dient te worden betrokken;
- de methodiek moet informatie opleveren ten aanzien van de overschrijdingsfrequentie van kritieke peilen op representatieve locaties binnen het watersysteem.

Deze eisen laten zich vertalen in een methodiek gebaseerd op een risico-analyse. Voor het kwantificeren van het systeemgedrag wordt daarbij gebruik gemaakt van een neerslag-afvoer model. Om allerlei verschillende situaties ten aanzien van voorgeschiedenis, omvang en verloop van de neerslag te kunnen beschouwen moet het neerslag-afvoer proces over een reeks van (tientallen) jaren of langer worden gesimuleerd. Neerslag-afvoermodellen zijn het geëigende instrument om neerslaggebeurtenissen te vertalen in grond- en oppervlaktewaterstanden op uiteenlopende locaties binnen het watersysteem.

Bij de kwantificering van het risico van wateroverlast moet rekening worden gehouden met de interactie met het ontvangende water. Voor boezem-poldersystemen dient hiertoe het neerslag-afvoermodel van het poldergebied te worden aangevuld met een waterbewegingsmodel voor de boezem.

Voor vrij afwaterende gebied, ligt het - anders dan bij een boezem - niet voor de hand om de waterstanden op het ontvangende water volledig mee te analyseren. Het ligt meer in de rede de benedenstroomse waterstanden als randvoorwaarde te hanteren.

De voorgestelde probabilistische benadering is niet nieuw. Hoewel de toepassingen tot op heden vooral zijn gericht geweest op het peilbeheerste deel van Nederland is de benaderingswijze evenzeer van toepassing op vrij afwaterende gebieden. De aard van het neerslag-afvoermodel zal mogelijk verschillen evenals de manier waarop met opstuwing van de afvoer wordt omgegaan.

Beoordeling van beschermingsniveau in huidige situatie

Door toepassing van de methodiek op de bestaande situatie ontstaat een kwantitatief inzicht in de geboden mate van bescherming tegen wateroverlast binnen een watersysteem. De aanwezige mate van bescherming kan worden vergeleken met de gewenste mate van bescherming, behorend bij het bestaande grondgebruik. De vergelijking geeft inzicht in hoeverre de inrichting en het beheer van watersystemen en de geboden mate van bescherming tegen wateroverlast een evenwichtig geheel vormen. Het inzicht in de risico's van wateroverlast kan daarmee bijdragen aan een betere afstemming tussen de gewenste en geboden mate van bescherming tegen wateroverlast.

De geboden mate van bescherming tegen wateroverlast binnen een watersysteem zal niet overal gelijk zijn. Zeker bij vrij afwaterende gebieden zal er 'van nature' sprake zijn van ruimtelijke verschillen in het aanwezige beschermingsniveau tegen wateroverlast. Daardoor biedt vrij afwaterend gebied in beginsel ook minder aangrijpingspunten om via het waterbeheer in te spelen op gedifferentieerd grondgebruik. Het grondgebruik moet hier sterker dan bij het peilbeheerste gebied inspelen op het beschermingsniveau dat vanuit het watersysteem geboden kan worden. In feite wordt daarmee geconcludeerd dat het ordenend principe van water in de vrij afwaterende gebieden nog belangrijker is dan in de peilbeheerste gebieden.

Conclusies

Op basis van de overigens beperkt beschikbare informatie over schadegevoeligheid is een gedifferentieerde normstellingssysteem ontwikkeld voor het risico van wateroverlast binnen regionale watersystemen. De verschillen in schadeverwachting van verschillende vormen van grondgebruik (gebiedstypen) vormen de basis voor de differentiatie in beschermingsniveau. De vormen van grondgebruik die daarbij worden onderscheiden zijn: weidegrond, akkerbouw, hoogwaardige land- en tuinbouw (fruitteelt, boomteelt, vollegrondstuinbouw en bollenteelt), glastuinbouw, woongebied en bedrijventerreinen. Natuurgebieden en bijzondere objecten (zoals ziekenhuizen, elektriciteitscentrales, gevaarlijke industrieën, e.d.) vergen een op de specifieke locatie toegesneden beoordeling en afweging.

De normstelling heeft betrekking op het risico van wateroverlast voor zover te beïnvloeden met waterhuishoudkundige infrastructuur en beheer. In relatie tot het functioneren van de afwatering worden twee vormen van wateroverlast onderscheiden: overlast door hoge grondwaterstanden tengevolge van beïnvloeding van de ontwatering resp. overlast door oppervlaktewater dat over het gebied stroomt. Het optreden van beide vormen van wateroverlast wordt afgemeten aan het overschrijden van een kritiek peil.

Voor de onderscheiden gebiedstypen zijn voor wateroverlast door begin van inundatie indicatieve normhoogten ingevuld voor de kritieke peilen en de toelaatbare frequenties van overschrijding van deze peilen. De betreffende normstelling is van toepassing voor zowel het peilbeheerste als het vrij afwaterende gebied. Voor de norm van beïnvloeding van ontwatering zijn in dit onderzoek geen indicatieve normhoogten gepresenteerd. De beperkte kennis van de interactie tussen grond- en oppervlaktewater en van de schadegevoeligheid bij incidenteel hoge grondwaterstanden staan de invulling van deze normhoogten vooralsnog in de weg.

Er is tevens een methodiek geschetst met behulp waarvan het risico van wateroverlast in peil- of afvoergebieden kan worden gekwantificeerd. De methodiek houdt rekening met het dynamische karakter van het watersysteem en het systeemgedrag onder extreme omstandigheden. Daarmee is een basis aanwezig voor een consistente beoordeling van de bescherming tegen wateroverlast in de huidige situatie alsook voor de beoordeling van de kosteneffectiviteit van mogelijke maatregelen.

Aanbevelingen

In dit rapport zijn de hoofdlijnen geschetst van een methodiek voor het kwantificeren van het risico van wateroverlast. Voor vrij afwaterend gebied is er nog weinig tot geen ervaring met de toepassing van deze methodiek. Aanbevolen wordt dan ook om een case-study uit te voeren om de praktische toepasbaarheid van de methodiek voor dit type watersysteem te toetsen.

Voor de toepassing van de methodiek is een aantal randvoorwaarden nodig, onder meer in de vorm van neerslagreeksen. Voor de betreffende randvoorwaarden kan het nuttig zijn deze centraal vast te stellen. Op die manier wordt bevorderd dat verschillende waterbeheerders met consistente uitgangspunten en randvoorwaarden werken.

De verkenning van de schadegevoeligheid van verschillende vormen van grondgebruik heeft uitgewezen dat er betrekkelijk weinig systematische informatie beschikbaar is over schadegevoeligheid. Vanuit de wateroverlast van najaar 1998 is er in beginsel een schat aan informatie beschikbaar. Een systematische analyse en verwerking van deze schadecijfers is echter nodig om deze informatie te kunnen benutten bij een kostenbaten analyse van mogelijke maatregelen ter verbetering van de afwatering.

Voor de norm van beïnvloeding van ontwatering geldt dat een goede keuze van het kritieke peil een lastig vraagstuk vormt. Voor zowel peilbeheerst als vrij afwaterend gebied is meer inzicht gewenst in de interactie tussen grond- en oppervlaktewater; in het bijzonder ten aanzien van de responstijden van het grondwatersysteem voor veranderingen in de oppervlaktewaterstanden en de dynamiek van grond- en oppervlaktewaterpeilen rond perioden van intensieve neerslag.

1 Inleiding

Aanleiding en kader

De wateroverlast van september en oktober 1998 is voor de waterschappen aanleiding geweest een discussie op gang te brengen over de eisen die aan de waterhuishouding gesteld moeten worden. Deze discussie over normstelling komt voort uit de wens te kunnen beoordelen of de infrastructuur die door de waterschappen wordt beheerd voor haar taak is berekend. Tevens is er de behoefte aan ingelanden duidelijk te kunnen maken in welke mate het waterschap bescherming biedt tegen wateroverlast. Normen geven aan waartoe het watersysteem in staat moet worden geacht; zij bakenen af in welke mate de waterbeheerder het risico van wateroverlast kan beperken door het watersysteem optimaal in te richten. Normen maken ook duidelijk welk risico er resteert. Een dergelijk inzicht is nodig om overspannen verwachtingen ten aanzien van de waterhuishouding te voorkomen.

De discussie over normstelling heeft ondermeer geresulteerd in de Unienotitie 'Normen voor het waterbeheer'; deze notitie is als bijlage A bij dit rapport gevoegd. In de Unienotitie is een schets opgenomen van het beoogde normenmodel voor de bescherming tegen wateroverlast. Daarbij wordt uitgegaan van een differentiatie in beschermingsniveau op basis van verschillen in schadeverwachting voor te onderscheiden vormen van grondgebruik. Bij brief van 29 april 1999 is WL | DELFT HYDRAULICS gevraagd offerte uit te brengen voor een nadere uitwerking en onderbouwing van de in de Unienotitie geschetste normering voor het waterbeheer.

De invoering van een nieuw normenstelsel is een ingrijpende zaak en zal ongetwijfeld nog onderwerp zijn van intensieve discussie binnen de waterschapswereld. De uitwerking in dit rapport beoogt een bijdrage te leveren aan deze discussie. Daarbij is gepoogd een mogelijk wijze van normstelling concreet en onderbouwd vorm te geven. In die zin kunnen de in dit rapport uitgewerkte normstelling en methodiek een basis vormen voor een formeel en via een openbare procedure vast te leggen nieuw normenstelsel.

Organisatie van het onderzoek

Opdracht tot uitvoering van het onderzoek is verleend door de Unie van Waterschappen bij brief 993488 WW/SW van 24 juni 1999. Het onderzoek is uitgevoerd door een team van WL | DELFT HYDRAULICS en SC-DLO. De uitvoering van het onderzoek is begeleid vanuit de Adhoc-commissie evaluatie regionale hoogwaters 1998.

Op 9 juni 1999 is de aanpak van het onderzoek besproken met de voorzitter en secretaris van de Adhoc-commissie. In dit overleg is aandacht gegeven aan de politiek-bestuurlijke context van normstelling voor perioden van wateroverlast. Tevens is daarbij aan de orde geweest de gewenste verbreding van het domein van de Unienotitie van het bemaalde polder- en boezemgebied naar de regionale watersystemen van zowel Laag als Hoog Nederland.

Een tussenrapport is besproken op 29 juni 1999 met een afvaardiging van de Adhoc-commissie. In dit overleg is ondermeer afgesproken uitgebreider aandacht te geven aan een methodiek voor het vaststellen van het risico van wateroverlast. Het concept eindrapport is in eerste aanleg besproken met de begeleidingscommissie op 24 augustus 1999. Op 29 september tenslotte is het concept-eindrapport nog besproken in een gezamenlijk overleg van de Adhoc evaluatiecommissie en de Unie Klankbordgroep Waterbeheer 21e eeuw.

Opzet van het rapport

In hoofdstuk 2 wordt ingegaan op de probleem- en doelstelling van het onderzoek. Belangrijke punten hierbij zijn de rol van bestaande normen bij de inrichting van watersystemen en de opzet en basis van een nieuwe normstelling. De voorgestelde benadering gaat uit van een differentiatie van bescherming tegen wateroverlast op basis van grondgebruik. De hoofdlijnen van de gedifferentieerde aanpak komen aan de orde in hoofdstuk 3. De aanpak wordt vervolgens in een aantal hoofdstukken nader uitgewerkt.

Hoofdstuk 4 richt zich daarbij op de schadegevoeligheid van verschillende vormen van grondgebruik. Hieruit volgen ondermeer inzichten ten aanzien van de te onderscheiden vormen van grondgebruik en de (relatieve) ordening van de beschermingsniveaus tegen wateroverlast. In hoofdstuk 5 wordt ingegaan op de normstelling voor bescherming tegen wateroverlast. Daarbij komen aan de orde de criteria die worden gehanteerd ten aanzien van het falen van watersystemen en de samenhang in faalkansen tussen verschillende schakels in de keten van ontwatering tot afwatering.

Hoofdstuk 6 gaat nader in op de beoordeling van het risico van wateroverlast. Er wordt een methodiek geschetst met behulp waarvan het risico van wateroverlast kan worden gekwantificeerd en waarmee kan worden getoetst in hoeverre aan de normen voor bescherming tegen wateroverlast wordt voldaan. In hoofdstuk 7 is tenslotte een aantal aanbevelingen opgenomen voor een nadere uitwerking van normstelling en methodiek.

2 Probleem- en doelstelling

2.1 Inrichting en beheer van regionale watersystemen

Normen en richtlijnen voor ontwatering en afwatering

Normen voor ontwateringsdiepte, drooglegging en afwatering vormen belangrijke hulpmiddelen bij de inrichting (en beheer) van de oppervlaktewateren van het landelijk gebied. De thans meest gebruikte normen zijn opgenomen in het Cultuurtechnisch Vademecum (Werkgroep herziening Cultuurtechnisch Vademecum, 1988). Voor een korte kenschets van deze normen: zie kader 2.1. De normen vormen een weerslag van een afweging tussen kosten van verbetering van de waterhuishouding enerzijds en toename van de landbouwkundige opbrengsten en afname van de wateroverlast anderzijds. De verschillende typen normen richten zich op de capaciteit van onderdelen van het systeem; de samenhang is echter weinig transparant.

De normen hebben betrekking op stationaire afvoersituaties: er wordt geen of niet expliciet rekening gehouden met bijvoorbeeld de neerslagverdeling in de tijd en met veranderingen in waterberging in de grond of in het oppervlaktewaterstelsel. Het gewenste percentage open water is uit deze normen dan ook niet af te leiden.

Ontwerpnormen voor bemalings- en bergingscapaciteit

Voor het ontwerp van openwater- en bemalingscapaciteit van bemalingsgebieden wordt door veel waterschappen gebruik gemaakt van een ontwerpbui met een herhalingstijd van 10 jaar. De capaciteit van berging en bemaling zijn voldoende wanneer een kritieke waterstand niet wordt overschreden; hiervoor wordt veelal de helft van de drooglegging aangehouden. De ontwerpmethode doet bepaalde veronderstellingen over berging en verloop van de neerslag; er wordt geen rekening gehouden met de in werkelijkheid optredende verschillen in voorgeschiedenis en met verschillen in het verloop van de neerslag binnen de beschouwde periode.

Inrichting en beheer van peilbeheerst gebied

In het peilbeheerst deel van Nederland is de ontwatering afgestemd op de afwatering. De waterlopen zijn relatief ruim gedimensioneerd om overschrijdingen van het streefpeil zoveel mogelijk te voorkomen. De belangrijkste schakel in de peilbeheersing is de capaciteit van de poldergemalen die uitslaan op de boezem of direct op het buitenwater. De daarvoor gehanteerde normen lopen uiteen van zo'n 11-14 mm/dag. De maatgevende neerslagen zijn aanzienlijk hoger. Er wordt dan ook rekening gehouden met berging in de onverzadigde zone en in het oppervlaktewatersysteem. Voor stedelijk gebied en glastuinbouw worden overigens hogere afvoernormen aangehouden (ca. 20 mm/dag).

Kader 2.1

Kenschets van bestaande normen en richtlijnen voor ontwatering en afwatering

Vanuit het Cultuurtechnisch Vademecum (1988) zijn voor watersystemen met een vooral landbouwkundig gebruik normen en richtlijnen beschikbaar ten aanzien van ontwatering en afwatering.

Ontwateringsnormen
Als ontwateringsnorm voor bouwland, vollegrondstuinbouw en bloembollen op kleigrond geldt een stationaire afvoer via drainage van 7 mm/dag bij een ontwateringsdiepte van 50 cm. De ontwateringsdiepte is de afstand tussen het maaiveld en de hoogste grondwaterstand tussen de ontwateringsmiddelen (greppels, sloten, drains). Voor grasland is de ontwateringsnorm eveneens 7 mm/dag, maar dan bij een ontwateringsdiepte van 30 cm.

Afvoernormen
In het landelijk gebied wordt de dimensionering van waterlopen afgestemd op de omvang en frequentie van zeer hoge afvoeren. De *maatgevende afvoer* is de dagafvoer bij zeer hoge waterstanden, die gemiddeld met een frequentie van 1 tot 2 maal per jaar wordt bereikt of overschreden. De maatgevende afvoer is afhankelijk van de hydrologische situatie en gekoppeld aan de grondwatertrap. Voor zandgronden varieert de maatgevende afvoer tussen de 3.0 en 14.4 mm/dag. In poldergebieden - met een lage bergingscoëfficiënt - wordt veelal uitgegaan van een maatgevende afvoerintensiteit van 1,33 tot 1,67 liter per seconde per ha (komt neer op 11,5 à 14,4 mm/d).
De halve maatgevende afvoer is de dagafvoer die gemiddeld 10 tot 20 dagen per jaar wordt bereikt of overschreden. Op de halve maatgevende afvoer zijn de normen voor drooglegging gebaseerd. De dubbele maatgevende afvoer is de dagafvoer met een herhalingstijd van ongeveer 50 tot 100 jaar. Bij vooral hellende gebieden vormt deze afvoer de basis voor de dimensionering van waterlopen zodanig dat bij deze afvoer nog juist geen inundatie optreedt ('kantje boord').

Drooglegginsnormen
De drooglegginsnormen zijn gerelateerd aan de afvoerintensiteit. Voor gedraineerde gronden geldt als norm dat de openwaterstand behorend bij de halve maatgevende afvoer 10 cm beneden de uitmonding van de drains moet blijven. De marge van 10 cm wordt aangehouden in verband met het verhang in het openwaterstelsel.
Verschillen in maaiveldshoogte binnen één peilgebied leiden tot verschillen in drooglegging. In de praktijk wordt hier rekening mee gehouden: de drooglegginsnorm wordt zodanig toegepast dat over 90 of 95 % van de oppervlakte van het peilgebied aan de norm wordt voldaan. Anders gezegd: over 90 of 95 % van de oppervlakte is de drooglegging gelijk aan of groter dan de norm en over de resterende 10 resp. 5 % van de oppervlakte wordt *niet* aan de norm voldaan.

Het door de polders naar de boezem uitgeslagen water wordt tijdelijk in de boezem geborgen en vervolgens via gemalen en/of spuisluizen afgevoerd naar het buitenwater. In geval van verhoogde waterstanden op het buitenwater kan de afvoer van de boezem via spuisluizen tijdelijk gestremd zijn. Hierdoor kunnen de waterstanden in de boezem snel oplopen en ontstaat het gevaar van het overstromen van boezemkaden. Om dergelijke ongecontroleerde situaties te voorkomen kan een maalbeperking of een maalstop worden afgekondigd. De uitslag van water vanuit de polders wordt dan tijdelijk beperkt of stopgezet waardoor de waterstanden op de boezem niet verder stijgen.

Boezem-poldersystemen zijn per definitie kunstmatige systemen; het is daardoor in beginsel goed mogelijk de berging te sturen. De keuze die daarbij gemaakt moet worden is: welke 'schade' aan de verschillende vormen van grondgebruik is met welke herhalingstijd toegestaan? De daarbij behorende inrichting en beheer van het oppervlaktewatersysteem is maatwerk.

Inrichting en beheer van vrij afwaterend gebied

In het vrij afwaterend deel van Nederland zijn de hoogteverschillen van het maaiveld en het verhang binnen een beheerseenheid groter dan in het bemalen gebied. Hierdoor zijn de stroomsneldheden groter en kunnen de dimensies van de waterlopen kleiner zijn. Bij de inrichting en het beheer worden de afmetingen van de waterlopen afgestemd op de maatgevende afvoer (zie kader 2.1). Bemaling kan lokaal (depressies) voorkomen, op stroomgebiedsniveau heeft dit nauwelijks effect. Het gevolg is een veel natuurlijker verloop van de oppervlaktewaterwaterstanden maar ook een (veel) geringere berging in het oppervlaktewater (tenzij overstroming optreedt). Daardoor vertoont het afvoerverloop veel meer dynamiek.

Stuwen kunnen in beginsel als debietbegrenzer worden uitgevoerd, maar de aantallen zijn (nog) gering en bovendien kan in extreme situaties het water over of langs de kunstwerken stromen. Met het waterbeheer kan - in vergelijking tot het bemalen gebied - minder gestuurd worden. De inrichting en het beheer van het watersysteem moeten meer aansluiten op de 'natuurlijke' dynamiek van het watersysteem.

'Nieuwe' ontwikkelingen in de inrichting van watersystemen

Bij de (toepassing van de) bestaande normen en richtlijnen voor ontwatering en afwatering is niet of onvoldoende rekening gehouden met de negatieve gevolgen voor het watersysteem. Sprekende voorbeelden hiervan zijn de verdroging van grote delen van Nederland en de - vergeleken met de 'natuurlijke' situatie - snellere afvoer van het neerslagoverschot met hogere piekafvoeren.

Behoud en herstel van watersystemen is inmiddels de algemeen erkende leidraad. Op initiatief van de Unie van Waterschappen en de Dienst Landelijk Gebied is het Waternood-project uitgevoerd. Het Waternood-project heeft als doel: de ontwikkeling van een op het grondwater gerichte aanpak van inrichting en beheer van oppervlaktewatersystemen (Projectgroep Waternood,1998). De toepassing van strikte normen wordt daarbij vervangen door gebiedsspecifiek maatwerk waarbij de drooglegging en de afvoercapaciteit beter worden afgestemd op de specifieke hydrologische situatie en de belangen die in een gebied een rol spelen. Bij deze benaderingswijze komt de nadruk te liggen op het *dynamische* gedrag van het watersysteem.

De werkwijze van Waternood vormt de nieuwe leidraad voor inrichting en beheer van watersystemen. De uitvoering van Waternood zal kunnen leiden tot een grotere dynamiek bij het beheer van het watersysteem en tot aanpassingen in de inrichting van het watersysteem. Deze ontwikkelingen kunnen ook gevolgen hebben voor het risico van wateroverlast (zie kader 2.2).

Kader 2.2

'Waternood' en het risico van wateroverlast

Hoewel de ontwikkeling van Waternood sterk geïnspireerd is door de problematiek van verdroging geldt dat de implementatie van Waternood zowel tot verhoging als verlaging van piekafvoeren kan leiden. Een regionale analyse moet uitwijzen welk effect zal overheersen. Daarbij zij opgemerkt dat bij implementatie van Waternood veelal extra berging zal worden gecreëerd. Een mogelijke toename van het risico van wateroverlast kan hiermee (voor een deel) worden opgevangen.

Het tegengaan van ongewenste verdroging van natuur betekent veelal minder diepe oppervlaktewaterstanden in landbouwgebieden, met name in perioden buiten het groeiseizoen en zeer ondiepe oppervlaktewaterstanden in natuurgebieden. Daardoor ontstaan hogere grondwaterstanden en vermindert de berging in de onverzadigde zone. De situatie waarin de grondwaterstanden tot in het maaiveld stijgen en hoge afvoeren optreden wordt sneller en vaker bereikt.
Grondwater als leidraad kan ook betekenen dat stuwen worden verlaagd zodra de grondwaterstanden te hoog oplopen; daardoor wordt de afvoer verhoogd.

Een mogelijke uitwerking van Waternood is het toestaan van meer peilvariatie in het peilbeheerst deel van Nederland om zodoende de wateraanvoer te reduceren. Daardoor gaat de bodem droger het natte seizoen in waardoor de afvoeren later op gang komt. Per saldo kan dit een verlaging van de frequentie van piekafvoeren betekenen.

In de akkerbouwgebieden in het peilbeheerst deel van Nederland zal Waternood kunnen leiden tot het ondieper aanleggen van drains of het onder water komen liggen van bestaande drains. Daardoor neemt de berging in de onverzadigde zone af met als gevolg het vaker optreden van hoge afvoeren als gevolg van stijging van de grondwaterstanden tot in het maaiveld.

De omvang van de buisdrainage zal in het hoge deel van Nederland door implementatie van Waternood niet wezenlijk veranderen. Nu reeds zijn alle nattere grondwatertrappen gedraineerd. Wel zullen de drains mogelijk wat ondieper worden aangelegd. De inrichting en beheer van het afwateringssysteem zal door Waternood wezenlijk kunnen veranderen met als duidelijkst voorbeeld beekherstel. De beken krijgen een minder ruim profiel en inundatie zal vaker optreden.

Klimaatverandering, zeespiegelrijzing en bodemdaling

Als gevolg van het versterkte broeikaseffect worden veranderingen verwacht in de neerslaghoeveelheden en in het neerslagpatroon. Het neerslagpatroon zal daarbij naar verwachting een extremer beeld te zien geven, dat wil zeggen vaker perioden met intensieve regenval (zie ook kader 2.3). Door de toename van de neerslagintensiteit zullen piekafvoeren en hoge waterstanden frequenter voorkomen. Ten gevolge van zeespiegelrijzing zullen de mogelijkheden van (boezem)wateren om onder vrij verval water af te voeren gaandeweg minder worden. Ten gevolge van bodemdaling kunnen grotere verschillen in hoogteligging van het maaiveld ontstaan en zal het nodig zijn boezemkaden te verhogen om het boezempeil op het huidige niveau te kunnen handhaven.

(Kader 2.3)

Klimaatverandering , zeespiegelrijzing en bodemdaling

KNMI-scenario voor temperatuur en neerslag
De toename van de gemiddelde temperatuur in Nederland wordt geschat op 0.5 - 2° Celsius tot 2050 en 1 - 4° Celsius tot 2100, beide ten opzichte van 1990. Door het aanhoudend wisselvallige Nederlandse weer zal de verwachte temperatuurtoename pas omstreeks 2050 merkbaar aanwezig zijn. Strenge winters worden minder extreem koud en zullen zich naar verwachting ook minder ver in het vroege voorjaar doorzetten. Hittegolven blijven zeldzaam, maar kunnen gemiddeld wat langer duren en warmer zijn dan nu.

Ten aanzien van de gemiddelde neerslag wordt een toename verwacht van 3% voor 2050 tot 6% omstreeks 2100. Uitgedrukt in hoeveelheden zomer- en winterneerslag verwacht het KNMI:

- een toename van de winterneerslag met 6% voor 2050 en 12% voor 2100; de gemiddelde toename van de extreme winterneerslag wordt geschat op 10% omstreeks 2050 tot 20% rond 2100.
- een toename van de zomerneerslag met slechts 1% voor 2050 en 2% voor 2100; de gemiddelde toename van de neerslagintensiteit van zware zomerbuien rond het jaar 2050 wordt geschat op 10% en voor 2100 op 20 %.

Relatieve zeespiegelrijzing (werkgroep 'Klimaatverandering en bodemdaling - NW4')
Op basis van de in langjarige meetreeksen aantoonbare trend voor de zuidelijke Noordzee en de mondiale schattingen van zeespiegelrijzing door het IPCC, en rekening houdend met de effecten van bodemdaling wordt de relatieve zeespiegelrijzing omstreeks 2050 geschat op 25 cm en die rond het jaar 2100 op ca. 60 cm.

Bron: Rapport 'Water als geld' van Raad van advies voor het Landelijk Gebied

De verwachte ontwikkelingen ten aanzien van klimaatverandering, zeespiegelrijzing en bodemdaling leiden tot een geleidelijke toename van het risico van wateroverlast in de toekomst. Aanpassingen in infrastructuur en beheer zullen nodig zijn om de gewenste bescherming tegen wateroverlast te kunnen (blijven) bieden.

2.2 Wateroverlast binnen regionale watersystemen

Wateroverlast binnen regionale watersystemen ontstaat doordat de neerslag (en toestroming) groter is dan het systeem op een gecontroleerde manier kan bergen of afvoeren. Onvoldoende infiltratie- en ontwateringsmogelijkheden kunnen leiden tot water op het land. Daarnaast wordt de wateroverlast vooral bepaald door de bergings- en afvoercapaciteit van het peil- of afvoergebied. De omvang of duur van de wateroverlast kan worden versterkt door gestremde of gestuwde afvoer. Het is dan ook belangrijk om bij wateroverlast de gehele keten te beschouwen van ontwatering tot afvoer van het waterbezwaar naar het ontvangende water. De keten is daarbij zo sterk als de zwakste schakel. Welke schakel de zwakste is kan overigens per situatie verschillen.

Het onderhavige onderzoek richt zich op wateroverlast in relatie tot het functioneren van de afwatering. Ten aanzien van de ontwatering wordt verondersteld dat deze op orde is en afgestemd op de afwatering. Op de samenhang tussen ontwatering en afwatering wordt hieronder nog nader ingegaan.

Er kunnen - in relatie tot het functioneren van de afwatering - twee vormen van wateroverlast worden onderscheiden:

- overlast door hoge grondwaterstanden die worden veroorzaakt door hoge standen van het oppervlaktewater (beïnvloeding van ontwatering);
- overlast door oppervlaktewater dat over het gebied stroomt (inundatie).

Een zekere mate van grondwateroverlast zal jaarlijks optreden; het gaat daarbij dus om wateroverlast onder 'normale' omstandigheden. De bestaande ontwaterings-, drooglegging- en afvoernormen richten zich op deze omstandigheden. Wateroverlast door inundatie treedt alleen in extreme situaties op. Wateroverlast door inundatie zal veelal vooraf worden gegaan door grondwateroverlast. Immers wateroverlast door inundatie doet zich vooral voor in situaties waarbij de berging in grond- en oppervlaktewater al sterk is afgenomen door overvloedige neerslag in de eraan voorafgaande periode. Voor deze wateroverlast onder extreme omstandigheden bestaan (nog) geen algemeen geaccepteerde normen.

Samenhang tussen ontwatering en afwatering

Op het eerste gezicht is er weinig samenhang tussen de normen met betrekking tot het *ont*wateringsproces en die behorende bij het *af*wateringsproces. Berekeningen met een niet-stationaire model (zie bijvoorbeeld Van Wijk, e.a., 1988) laten evenwel zien dat bij goed gedraineerd bouwland een situatie met een drainageflux van 7 mm/dag bij een ontwateringsdiepte van 50 cm zich ca.15 maal per jaar voordoet. De frequentie van vóórkomen komt dus bij benadering overeen met de situatie bij halve maatgevende afvoer. Een drainageflux van 14 mm/dag wordt volgens dezelfde modelberekeningen gemiddeld één maal per jaar bereikt. Daarbij hoort een stijging van de grondwaterstand tot aan maaiveld. Deze drainageflux van 14 mm/dag is bij benadering gelijk aan de afvoernorm van 11 tot 15 mm/dag voor de afwatering van poldergebieden. Dat wijst erop dat de *af*watering in dit geval goed is afgestemd op een landbouwkundig gezien optimale *ont*watering volgens de gangbare normen.

Op basis van deze analyse zou als vuistregel kunnen worden aangehouden dat de ontwatering niet wordt gestremd door de afwatering wanneer de afwateringscapaciteit het dubbele is van de maatgevende drainageflux bij maatgevende ontwateringdiepte (Van Bakel en Hamaker, 1998). Bij een dergelijke verhouding van afwateringscapaciteit en maatgevende drainageflux geldt dan dat het peil in het oppervlaktewater pas begint op te lopen als de grondwaterstand toch al tot aan het maaiveld staat. Bij een lagere afwateringscapaciteit kan er wel *extra* landbouwkundige wateroverlast optreden als gevolg van verhoging van de grondwaterstand tot aan het maaiveld.

Bij deze vuistregel worden rekenresultaten van een niet-stationair model gekoppeld aan stationaire ontwerpnormen. Daarbij wordt voorbijgegaan aan de niet-stationaire, wederzijdse beïnvloeding van ontwatering en afwatering, en de gevolgen ervan voor het voorkomen van extreme situaties. Een nadere analyse van de interactie tussen ontwatering en afwatering is noodzakelijk om beter zicht te krijgen op de invloed van de afwatering op de ontwatering en de hiermee samenhangende schade c.q. overlast.

2.3 Opzet en basis van normstelling

Differentiatie in normstelling op economische gronden

De inrichting en het beheer van watersystemen zijn in belangrijke mate bepalend voor het risico van wateroverlast. Investeringen in inrichting en beheer dragen bij aan het verhogen van de mate van bescherming tegen wateroverlast. Omdat in geval van wateroverlast er in principe geen sprake is van levensbedreiging of onherstelbare schade, zou de gewenste mate van bescherming in beginsel kunnen worden gebaseerd op kosten-baten overwegingen. Het optimale beschermingsniveau is dan het niveau waarbij de som van investeringen en schadeverwachting minimaal is. Een dergelijk, ogenschijnlijk eenvoudige benadering stuit echter op een aantal praktische bezwaren:

- De omvang van de schadeverwachting, voor zover de schade is toe te rekenen aan het niet of onvoldoende functioneren van de afwatering, is niet eenvoudig vast te stellen. De kennis ten aanzien van de relatie tussen hoge waterstanden en schade is nog maar beperkt beschikbaar.
- De mate van bescherming hangt niet alleen af van de infrastructuur binnen het beschouwde gebied zelf, maar is bijvoorbeeld ook afhankelijk van de afvoermogelijkheden naar het buitenwater. Het risico van wateroverlast binnen een watersysteem kan dus niet 'geïsoleerd' van de omgeving worden vastgesteld.
- Er is sprake van een groot aantal poldersystemen en afvoergebieden. Een strikte toepassing van een kosten-baten analyse zou leiden tot een groot aantal verschillende normen; in beginsel voor elk watersysteem een andere. Een dergelijke wijze van normstelling zal eerder leiden tot maatschappelijke verwarring dan dat ze bijdraagt aan een heldere communicatie met ingelanden over de problematiek van wateroverlast.

In de Unienotitie is daarom uitgegaan van een meer globale benadering. De normstelling richt zich daarbij niet op de kleinste waterhuishoudkundige eenheden, maar op 'gebiedstypen'; dat zijn gebieden met een bepaalde vorm van grondgebruik.[1] De verschillen in schadeverwachting van uiteenlopende vormen van grondgebruik bieden een aanknopingspunt voor een differentiatie in de mate van bescherming tegen wateroverlast. Immers het ligt in de rede om, gelet op de economische belangen die in het geding zijn, aan bijvoorbeeld bollenteelt een betere bescherming tegen wateroverlast te bieden dan aan weidegrond.

Normen voor waterbeheer of normen voor wateroverlast?

De voorgestelde normstelling heeft betrekking op de bescherming tegen wateroverlast voor zover deze met waterhuishoudkundige infrastructuur en beheer is te beïnvloeden en deze tot de verantwoordelijkheid van de waterbeheerder (de waterschappen) moet worden gerekend.

[1] *Differentiatie op basis van verschillen in grondgebruik sluit ook goed aan bij de opzet van de methodiek van Waternood. De wensen van functies (vormen van grondgebruik) ten aanzien van inrichting en beheer van het watersysteem staan bij Waternood immers centraal. De te ontwikkelen werkwijze ten aanzien van normstelling en beoordeling van het risico van wateroverlast zou dan ook relatief eenvoudig binnen de werkwijze van Waternood moeten kunnen worden geïntegreerd.*

Het gaat dus in feite om een norm voor het functioneren van het waterhuishoudkundig systeem onder buitengewone omstandigheden en niet om een norm voor het risico van wateroverlast als zodanig. Schade en wateroverlast ontstaan immers ook door onvoldoende infiltratie- en ontwateringsmogelijkheden. Verbetering en/of aanpassing van infiltratie en/of ontwatering is evenwel de taak of verantwoordelijkheid van de grondeigenaar en niet van de waterbeheerder.

Een norm voor beïnvloeding van ontwatering zal mogelijk in eerste aanleg een functie hebben naast de bestaande ontwaterings-, droogleggings-, en afvoernormen; op termijn mogelijk ook ter vervanging van deze normen. Een en ander in samenhang met de verdere ontwikkeling van de methodiek van Waternood. Een norm voor wateroverlast door inundatie ontbreekt momenteel; een (nieuwe) norm hiervoor voorziet dus in een lacune.

Inzichtelijkheid van een normenstelsel

De ontwikkeling van het normenstelsel heeft mede tot doel aan ingelanden duidelijk te kunnen maken in welke mate het waterschap bescherming biedt tegen wateroverlast. Hiertoe dient het normenstelsel helder en transparant te zijn. Het bestaande stelsel van ontwaterings-, afvoer- en droogleggingsnormen biedt onvoldoende duidelijkheid ten aanzien van welk risico van wateroverlast aanwezig is binnen een watersysteem c.q. welke mate van bescherming wordt geboden. Om voor ingelanden inzichtelijk te zijn moeten normen betrekking hebben op het systeem*gedrag* en niet op systeem*capaciteiten.* De definitie van falen van het systeem dient dus ook betrekking hebben op het systeemgedrag. Peiloverschrijding van een kritiek peil is in dit verband een helder begrip, eenvoudig te constateren en heeft een directe relatie met (schade door) wateroverlast.

In de beleving van wateroverlast door ingelanden wordt waarschijnlijk geen onderscheid gemaakt naar de oorzaak van de wateroverlast. Het is dan ook belangrijk dat in de communicatie naar ingelanden over de normstelling helder wordt gemaakt dat de voorgestelde normstelling betrekking heeft op de bescherming tegen wateroverlast *voor zover* deze met waterhuishoudkundige infrastructuur en beheer is te beïnvloeden.

Normstelling en methodiek voor toetsing

De wijze van normstelling moet een kader scheppen aan de hand waarvan de bestaande situatie met betrekking tot bescherming tegen wateroverlast kan worden beoordeeld resp. de noodzaak van maatregelen kan worden afgewogen. Daarbij moet de normstelling het mogelijk maken de effectiviteit van alternatieve maatregelen op een eenduidige manier te kunnen vergelijken.

Een norm voor de mate van bescherming tegen wateroverlast moet uiteraard kunnen worden getoetst. Hiervoor is een methodiek nodig met behulp waarvan het risico van wateroverlast eenduidig kan worden vastgesteld. Een dergelijk methodiek moet inspelen op nieuwe ontwikkelingen bij de inrichting en het beheer van watersystemen alsook op de effecten van klimaatverandering, zeespiegelrijzing en bodemdaling. Dat betekent in ieder geval dat de methodiek rekening moet houden met het dynamisch gedrag van het watersysteem en dat de methodiek ruimte moet bieden voor regionaal maatwerk.

Tevens dient het systeemgedrag onder buitengewone omstandigheden in de methodiek te worden betrokken. Het ligt voor de hand de methodiek te baseren op een risico-analyse en gebruik te maken van neerslag-afvoer modellen voor het kwantificeren van het systeemgedrag.

2.4 Doelstelling en reikwijdte van studie

Het onderzoek richt zich op een nadere uitwerking en onderbouwing van een gedifferentieerd normenstelsel voor bescherming tegen wateroverlast binnen regionale watersystemen. Het gaat daarbij zowel om het bemalen polder- en boezemgebied van Laag Nederland als het vrij afwaterende gebied van Hoog Nederland. Tussen beide typen gebieden bestaan op zich belangrijke verschillen. Deze verschillen gelden in het bijzonder de hoogteligging van het maaiveld, de interactie tussen grond- en oppervlaktewater, de aard van het oppervlaktewaterstelsel en de interactie met het ontvangende water waarnaar wordt afgevoerd. Desalniettemin wordt beoogd en gepoogd een benadering te ontwikkelen die toepasbaar is voor Hoog en Laag Nederland, waarbij uiteraard geldt dat de benadering voldoende ruimte moet bieden om in te spelen op c.q. te verbijzonderen voor de specifieke eigenschappen van beide typen watersystemen.

Het onderzoek richt zich vooral op de mogelijke opzet en invulling van een normenstelsel. Bij de uitwerking ervan dienen bepaalde keuzen te worden gemaakt; op de overwegingen hierbij wordt nader ingegaan. Tevens moet het onderzoek een methodiek aanreiken met behulp waarvan het risico van wateroverlast op een eenduidige manier kan worden gekwantificeerd.

3 Aanpak op hoofdlijnen van een gedifferentieerde normstelling

Uitgangspunten voor een gedifferentieerde normstelling

In het voorgaande is een kader geschetst voor een normstelling ten aanzien van het risico van wateroverlast binnen regionale watersystemen:

- De normstelling richt zich op het risico van wateroverlast voor zover te beïnvloeden door de waterhuishoudkundige infrastructuur. Daarbij wordt onderscheid gemaakt tussen overlast door hoge grondwaterstanden ten gevolge van hoge waterstanden van het oppervlaktewater (beïnvloeding van de ontwatering) en overlast door oppervlaktewater dat op het maaiveld staat en/of over het gebied stroomt (inundatie).
- De normstelling moet het mogelijk maken te beoordelen of de infrastructuur die door de waterschappen wordt beheerd voor haar taak berekend is; de effectiviteit van alternatieve maatregelen moet op een eenduidige manier kunnen worden vergeleken.
- Bij de normstelling wordt uitgegaan van een differentiatie in de mate van bescherming tegen wateroverlast op basis van verschillen in schadeverwachting van te onderscheiden vormen van grondgebruik.

Verkenning van schadegevoeligheid van grondgebruik

Voor het differentiëren van normen voor wateroverlast op basis van grondgebruik is het belangrijk inzicht te hebben in de schadegevoeligheid van verschillende vormen van grondgebruik. Vraag daarbij is welke vormen van grondgebruik moeten worden onderscheiden? Er moet een balans worden gevonden tussen enerzijds de gewenste differentiatie vanuit verschillen in waarde en kwetsbaarheid en anderzijds de praktische hanteerbaarheid van de wijze van normstelling.

De verkenning van de schadegevoeligheid moet leiden tot een aantal te onderscheiden vormen van grondgebruik en tot een relatieve ordening van gewenste beschermingsniveaus van deze vormen van grondgebruik. Daarnaast moet de verkenning van de schadegevoeligheid meer zicht geven op het belang van de verschillende factoren die van invloed zijn op de omvang van overlast en schade. Dit inzicht kan vervolgens worden betrokken bij de definitie van het falen van een regionaal watersysteem bij de bescherming tegen wateroverlast.

Tevens moet de verkenning van de schadegevoeligheid zicht geven op de mogelijkheden om schade ten gevolge van wateroverlast te kwantificeren. Op voorhand is bekend dat systematische informatie over de schadegevoeligheid van verschillende vormen van grondgebruik maar beperkt aanwezig is. Vraag is op welke manier de beschikbare informatie het best benut kan worden, en welke mogelijkheden er zijn om op termijn de informatievoorziening op dit punt te verbeteren.

Normstelling voor bescherming tegen wateroverlast

Op basis van de verkenning van de schadegevoeligheid kan het gewenste beschermingsniveau voor de onderscheiden vormen van grondgebruik worden vastgesteld. Dit gewenste beschermingsniveau moet worden vertaald in eisen aan de inrichting en het beheer van het watersysteem. Om te kunnen vaststellen welke mate van bescherming wordt geboden, moet worden gedefinieerd onder welke omstandigheden een watersysteem faalt. Falen wordt in dit verband gerelateerd aan het overschrijden van een kritiek peil. De hoogte van het kritiek peil en de toelaatbare frequentie van overschrijding van dit peil kunnen verschillend zijn voor de onderscheiden vormen van grondgebruik. Op basis van de beschikbare informatie moet voor de onderscheiden vormen van grondgebruik zo mogelijk een samenhangend voorstel worden gedaan voor de invulling van de kritieke peilen en de eraan gekoppelde toelaatbare overschrijdingsfrequenties.

Het risico van wateroverlast binnen een peilgebied of afvoergebied wordt mede bepaald door de mogelijkheden van afvoer van het waterbezwaar naar buiten het gebied. In geval van gestremde of gestuwde afvoer zal het risico van wateroverlast toenemen. De samenhang in faalkansen binnen de keten van afwatering moet hiertoe nader worden beschouwd.

Methodiek voor beoordeling van risico van wateroverlast

Om te kunnen vaststellen of aan een norm voor de bescherming tegen wateroverlast wordt voldaan moet het risico van wateroverlast eenduidig kunnen worden vastgesteld. Hiervoor is een methodiek nodig die rekening houdt met het dynamisch gedrag van het watersysteem; het gedrag onder buitengewone omstandigheden daarbij inbegrepen. De hoofdlijnen van een dergelijke methodiek - gebaseerd op een risico-analyse aanpak - dienen te worden geschetst. Tevens moet worden ingegaan op de toepassing van de methodiek voor het beoordelen van de mate van bescherming tegen wateroverlast in de huidige situatie alsmede voor het beoordelen van de effectiviteit van maatregelen gericht op het verminderen van het risico van wateroverlast.

4 Verkenning van schadegevoeligheid van vormen van grondgebruik

4.1 Inleiding

De effecten van wateroverlast zijn sterk afhankelijk van de vorm van grondgebruik. Voor een woongebied is een kortdurende inundatie al voldoende om aanzienlijke schade te veroorzaken, terwijl voor grasland een dergelijke inundatie niet ernstig behoeft te zijn. Bij fruitteelt vormt de meerjarige structuurschade een grote schadepost. Voor het differentiëren van normen voor wateroverlast op basis van grondgebruik is het dan ook belangrijk inzicht te hebben in de schadegevoeligheid van verschillende vormen van grondgebruik.

In de Unie-notitie is uitgegaan van de volgende vormen van grondgebruik: natuur, grasland, akkerbouw, glastuinbouw, industrie en woongebieden. In deze studie wordt voor het landbouwkundig bodemgebruik in eerste aanleg een nadere differentiatie aangehouden. Op basis van de verkenning van de schadegevoeligheid worden aan het einde van dit hoofdstuk conclusies getrokken ten aanzien van de voor de normstelling te onderscheiden vormen van grondgebruik.

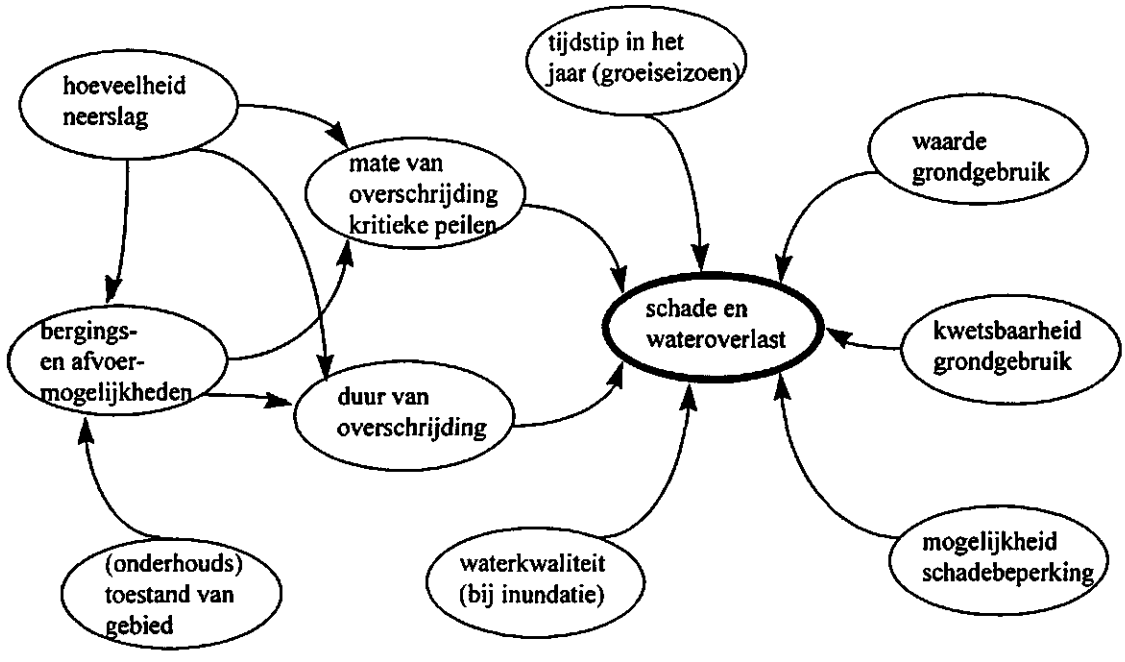
De schadeverwachting voor een bepaald gebied is afhankelijk van een reeks factoren. Het gaat daarbij zowel om factoren die de fysieke aard en omvang van de wateroverlast beschrijven als om kenmerken van het grondgebruik die mede bepalend zijn voor de omvang van de schade. In par 4.2 worden deze invloedsfactoren kort besproken.

Systematische informatie over schadegevoeligheid van verschillende vormen van grondgebruik is maar beperkt aanwezig. De benadering in dit onderzoek is erop gericht geweest de beschikbare inzichten ten aanzien van schadegevoeligheid van verschillende vormen van grondgebruik expliciet en onderling vergelijkbaar te maken. De schadegevoeligheid wordt apart uitgewerkt voor de verschillende vormen van landbouwkundig bodemgebruik (par. 4.3) en voor de andere onderscheiden vormen van grondgebruik (par. 4.4). In par. 4.5 wordt op basis van de verkenning van de schadegevoeligheid een aantal conclusies getrokken ten behoeve van de verdere uitwerking van de normstelling.

4.2 Factoren van invloed op schadeverwachting

Overzicht van invloedsfactoren

Er is een reeks factoren die mede bepalend zijn voor de omvang van schade en wateroverlast. De belangrijkste invloedsfactoren zijn weergegeven in Figuur 4.1. Deze invloedsfactoren worden hier beknopt toegelicht.



Figuur 4.1 Schematisch overzicht van invloedsfactoren

Fysieke factoren van invloed op wateroverlast en schade

Bij wateroverlast is onderscheid te maken tussen wateroverlast en schade door inundatie resp. door hoge grondwaterstanden ten gevolge van een (enigszins) gestremde ontwatering. Wateroverlast treedt op wanneer bepaalde kritieke peilen worden overschreden. De hoeveelheid neerslag en de mogelijkheden voor berging en afvoer in het gebied bepalen de mate en duur van de overschrijding van kritieke peilen. De voorgeschiedenis ten aanzien van de neerslag is een belangrijke factor voor de mogelijkheden tot berging in de bodem. De (onderhouds)toestand van het gebied is medebepalend voor de infiltratiemogelijkheden van de neerslag. Daarnaast kan de mogelijkheid van stremming of opstuwing van de afvoer van invloed zijn op de overschrijdingsfrequentie van kritieke peilen.

De duur van de wateroverlast speelt vooral een rol bij de schade in de land- en tuinbouw; een en ander afhankelijk van het gewastype. Het tijdstip van optreden van wateroverlast binnen het jaar kan een grote invloed hebben op de schade in de land- en tuinbouw alsook op de schade aan natuur (broedvogels). Bij een inundatie kan ook de waterkwaliteit een bepalende factor zijn voor de optredende schade; dit geldt vooral voor landbouw- en natuurgebieden. Voor natuurgebieden bestaan er overigens belangrijke regionale verschillen: bij de wateroverlast van najaar 1998 zijn in Friesland natuurgebieden tijdelijk onder water gezet met instemming van de natuurbeschermingsorganisaties, terwijl in Delfland dit type maatregel om tijdelijk de berging te vergroten niet toelaatbaar werd geacht.

Invloedsfactoren gerelateerd aan het grondgebruik

De schadeverwachting wordt mede bepaald door de waarde en de kwetsbaarheid voor (grond)wateroverlast van het grondgebruik. De kwetsbaarheid voor wateroverlast is voor een belangrijk deel intrinsiek verbonden met de aard van het grondgebruik. Bij bepaalde vormen van grondgebruik kan de kwetsbaarheid worden beïnvloed door het treffen van schadebeperkende maatregelen (structureel en tijdelijk). Dit geldt bijvoorbeeld voor de inboedelschade bij woongebieden.

4.3 Schadegevoeligheid van landbouwkundig bodemgebruik

Landbouwkundig onderzoek naar de relatie tussen opbrengst en waterhuishouding heeft zich altijd gericht op de vaststelling van de optimale landbouwkundige condities en het effect van een structurele afwijking van deze condities op de opbrengst. In bijlage B is enige achtergrondinformatie opgenomen met betrekking tot de relatie tussen landbouwkundig optimale condities en gewasproductie. Bij het landbouwkundig onderzoek is steeds uitgegaan van het bestaan van een ongehinderde afwatering zodat relatief weinig bekend is over de gevolgen van wateroverlast tengevolge van incidenteel hoogwater en overstroming. Het opstellen van schadefuncties die voor land- en tuinbouwgewassen aangeven hoe de schade samenhangt met de hoogte van de grondwaterstand is thans dan ook slechts zeer beperkt mogelijk.

Om toch enig inzicht te geven in verschillen in schadegevoeligheid van verschillende gewassen is op basis van een aantal aannamen een schatting gemaakt van de mogelijk optredende schade ten gevolge van wateroverlast. Daarnaast is in bijlage C een schets opgenomen hoe op termijn schadefuncties zouden kunnen worden opgesteld die wel geschikt zijn om schade door kortstondige wateroverlast te kwantificeren.

Aard en omvang van schade: de belangrijkste processen

De aard en omvang van de schade als gevolg van hoogwater zijn afhankelijk van een groot aantal factoren: bodemeigenschappen, bodemprofiel, drooglegging, gewas, de duur van de overlast en van het moment waarop de wateroverlast optreedt. Naast de schade die onmiddellijk (in een groeiseizoen) optreedt kan de schade zich ook over een langere periode uitstrekken. Hierbij moet gedacht worden aan structuurschade door bodemverdichting en aan bodemverontreiniging tengevolge van slibafzetting na een overstroming.

De voornaamste oorzaak van schade bij zowel ondiepe grondwaterstanden als overstroming is de verminderde aëratie van de wortelzone: de plantenwortels krijgen te weinig zuurstof en sterven af. Daarnaast kunnen veranderingen optreden in bodemstructuur; door bodemverdichting tengevolge van grondbewerking of interne verslemping en door verslempen aan het maaiveld wordt de aëratie beperkt. Voorts nemen bij afnemende zuurstofbeschikbaarheid de mineralisatie en nitrificatie af en neemt de denitrificatie toe; hierdoor verdwijnt een deel van de stikstofvoeding voor het gewas als gas uit de bodem.

Tevens is er een grotere kans op het optreden van ziekten: de vochtige omstandigheden zijn ideaal voor schimmels. Het gewas is door de verminderde aëratie verzwakt en daardoor vatbaarder voor ziekten.

Anaërobie in het wortelmilieu leidt tot chemische reacties waarbij voor de plant giftige stoffen vrijkomen of ontstaan. Wanneer de anaërobie te lang duurt worden in de wortel zelf toxische stoffen geproduceerd en sterft de plant af. De duur van de periode met anaërobie is bepalend voor de schade. In de zomer (hoge temperatuur) is het zuurstofverbruik groot en wordt de anaërobie snel bereikt. Hoge grondwaterstanden en overstromingen zijn daardoor in de zomer zeer ongewenst. IKC akker- en tuinbouw (het Informatie- en KennisCentrum van het Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij) hanteert als vuistregel dat tijdens het groeiseizoen alle gewassen dood zijn na drie dagen met anaërobie (pers. mededeling J.Th.M. Huinink, 1999). Deze vuistregel is gebaseerd op ervaring. Gras vormt mogelijk een uitzondering; hierover is echter nog onvoldoende bekend. Verdrinkingsproeven waar het effect van de duur van inundatie tijdens het groeiseizoen in beschouwing is genomen geven hetzelfde resultaat (Visser e.a., 1971). Daarentegen blijken wortels in de winterperiode een inundatieperiode van 4 tot 5 weken te kunnen overleven zonder veel schadelijke gevolgen (Butijn, 1961; Segeren en Visser, 1971). De schadegevoeligheid van gewassen is dus afhankelijk van het tijdstip waarop en de duur waarover het hoogwater optreedt.

Schatting van landbouwkundige schade door wateroverlast

De bestaande methoden voor het schatten van de landbouwkundige schade (zie kader 4.1) hebben alle betrekking op de langjarig gemiddelde schade. De in deze methoden gehanteerde uitgangspunten voor de draagkracht voor berijdbaarheid zijn overigens inmiddels achterhaald. Als gevolg van de mestwetgeving is de druk om mest vroeg op het land uit te rijden groot. Het blijkt dat het mogelijk is om door gebruik van lage bandenspanning ook op gronden te rijden met een zeer lage draagkracht (Van den Akker e.a.,1993, Vermeulen e.a., 1993). Hierdoor kan het tijdstip van grondbewerking worden vervroegd c.q. kan de schade door wateroverlast worden teruggebracht. Anderzijds geldt dat de productiviteit van de gewassen sterk is gestegen, waardoor de gevoeligheid voor wateroverlast weer zal zijn toegenomen.

(Eenvoudige) schadefuncties voor het kwantificeren van schade door kortstondige wateroverlast ontbreken op dit moment. In het kader van dit onderzoek is nagegaan hoe dergelijke schadefuncties tot stand zouden kunnen worden gebracht. Een mogelijke aanpak is geschetst in bijlage C. Er moet nog aanvullende kennis worden ontwikkeld om op een verantwoorde wijze de gewenste eenvoudige schadefuncties te kunnen opstellen. Essentieel daarin zijn het moment dat de overlast optreedt en de duur van de overlast. Op dit moment ontbreekt deze kennis.

Kader 4.1

Schattingsmethodes voor landbouwkundige schade door wateroverlast

Er is in de loop van de tijd een aantal methoden ontwikkeld om de schade als gevolg van wateroverlast te schatten. Al deze methoden richten zich op de langjarig gemiddelde schade. Opbrengstdepressies zijn daarbij gekoppeld aan verschillende grootheden: luchtgehalte, gemiddelde wintergrondwaterstand, GHG, GLG, SOW30, zaai- en oogsttijd.

- De COLN-methode (Visser, 1958) beschrijft voor 7 profielgroepen de relatie tussen de gemiddelde grondwaterstand tijdens het groeiseizoen en de opbrengstdaling. De schade door mindere bewerkbaarheid is in deze curves niet meegenomen.
- De methode COGROWA (COmmissie GROndwaterwet Waterleidingbedrijven, 1984) geeft de totale opbrengstdepressie (zowel nat- als droogschade) voor gras- en bouwland op zand- en moerige gronden. De empirische relaties, uitgedrukt als functie van de GLG en GHG, beschrijven de gemiddelde depressies over een reeks van jaren.
- Voor akkerbouw zijn op basis van modelberekeningen op dagbasis opbrengst-depressiecurves gegenereerd die rekening houden met draagkracht, vroegheid en oogstbaarheid (Van Wijk et al. 1988).
- De HELP-tabellen zijn ontwikkeld voor de evaluatie van landinrichtingsplannen. De langjarig gemiddelde natschade voor grasland en bouwland is gebaseerd op empirische relaties. De depressiepercentages voor wateroverlast zijn weergegeven als functie van de GHG voor drie GLG-klassen. De maximale schade bedraagt 35 %.
- De 'IKC-methode' is een uitgebreide versie van de HELP-tabellen met als doel de bodemgeschiktheid voor een bepaalde bodemgebruikvorm te kunnen schatten. Hierbij wordt een groter aantal vormen van bodemgebruik onderscheiden. De maximale onderscheiden schade bedraagt 40%.

Verschillen in schadegevoeligheid van gewastypen

Om toch enig inzicht te krijgen in de schade als gevolg van natte omstandigheden (Tabel 4.1) is gebruik gemaakt van de meest recente tabellen met langjarig gemiddelde wateroverlast. Daarbij is de schade voor de gewasgroepen voor de range aan bodemprofielen vergeleken bij Gt III; dat is de ondiepste grondwatertrap waarbij nog voor alle gewassen een depressiepercentage bekend is.

De gepresenteerde ranges hebben betrekking op verschillende bodemprofielen en zijn gemiddeld over een lange reeks van jaren. Zandgronden zijn minder gevoelig voor schade door wateroverlast dan klei- en veengronden. Uit Tabel 4.1 blijkt duidelijk dat de kennis ten aanzien van de schade door wateroverlast bij hoge grondwaterstanden gering is; feitelijk worden maar vier gewasgroepen onderscheiden. Boomteelt is het meest gevoelig voor wateroverlast, de gevoeligheid verschilt overigens niet veel met die van tuinbouw, fruitteelt en bollenteelt. Bouwland is gevoeliger dan grasland; grasland is het minst gevoelig. Op basis van deze inventarisatie van schadegevoeligheid kunnen 3 groepen worden onderscheiden: grasland, akkerbouw en hoogwaardige land- en tuinbouw.

Tabel 4.1 Langjarig gemiddelde opbrengstdepressies (%) van landbouwgewassen door wateroverlast

Gewas	Veen	Klei	Zand
Gras	21-26	20-26	17-23
Maïs	30-35	25-35	25-28
Aardappelen	30-35	25-35	25-28
Bieten	30-35	25-35	25-28
Granen	30-35	25-35	25-28
Tuinbouw	>40	>40	>40
Fruitteelt	>40	>40	>40
Boomteelt	>50	>50	>50
Bollenteelt	>40	>40	>40

Bron: Huinink (1998)

Potentiële opbrengsten van verschillende gewastypen

Bekend is dat tijdens het groeiseizoen alle gewassen zullen zijn afgestorven na een periode van drie aaneengesloten dagen water op of aan het maaiveld. Opbrengstdepressies als gevolg van kortdurend hoogwater zijn thans (nog) niet goed te kwantificeren. In plaats van opbrengstdepressies is in dit onderzoek daarom gekeken naar de (verschillen in) opbrengst. Deze geven een indruk van de potentiële opbrengstdepressies.

LASER (de uitvoeringsorganisatie van het Ministerie van LNV) hanteert een lijst van normbedragen per gewas voor de toekenning van schadeclaims tengevolge van de wateroverlast van 1998. Deze lijst omvat per gewasgroep een groot aantal verschillende gewassen met grote verschillen in bedragen per ha. Voor bijvoorbeeld tuinbouw loopt dit bedrag uiteen van 1.540 gulden/ha bij kapucijners tot 80.000 gulden/ha voor winteruien als zaaiuien.

Voor dit onderzoek is een indeling in gewasgroepen gebruikt. De gemiddelde geldopbrengst per gewasgroep is ontleend aan het Bedrijven Informatie Net (BIN) van het Landbouw Economisch Instituut (LEI). De gemiddelde bruto werkelijke opbrengst per ha over de laatste vier boekjaren van 1995-1998 is per gewasgroep opgenomen in Tabel 4.2. Binnen de gewasgroepen kunnen aanzienlijke verschillen tussen de gewassen voorkomen (zie akkerbouw). Door de bedrijfsvoering kunnen de resultaten ook per bedrijf sterk afwijken van de gemiddelden van de gewassen (tot wel 35%). Daarnaast kan de opbrengst ook nog aanzienlijk variëren voor verschillende bodems (klei, zand).

Tabel 4.2 Gemiddelde werkelijke opbrengst van landbouwgewassen (in guldens/ha)

Gewas	Totale opbrengst (guldens/ha)
Gras	**2.600**
Akkerbouw gem.	**6.500**
Maïs	2.900
Wintertarwe	2.600
Zomergerst	2.000
Overige granen	2.000
Pootaardappel	17.000
Consumptie Aardappelen	10.000
Fabrieksaardappel	5.400
Suikerbieten	6.800
Tuinbouw gem.	**45.000**
Augurken	
Asperges	
Boerenkool	
....	
Fruitteelt gem.	**30.000**
Appel	
Peer	
Klein fruit	
....	
Boomteelt gem.	**60.000**
Laanbomen	
Rozen en heesters	
Vaste planten	
....	
Bollenteelt gem.	**60.000**
Tulp	
Lelie	
Hyacint	
....	

Bron: Bedrijven Informatie Net van het LEI (gemiddelde voor periode: 1995 –1998)

In het algemeen is de opbrengst van akkerbouwgewassen hoger dan die van grasland. De opbrengsten van bollen, tuinbouw, fruitteelt en boomteelt zijn aanzienlijk hoger. Op basis van de opbrengsten wordt eenzelfde groepering verkregen als op basis van de gevoeligheid voor wateroverlast, namelijk grasland, akkerbouw en hoogwaardige land- en tuinbouw.

4.4 Schadegevoeligheid van andere vormen van bodemgebruik

Naast het landbouwkundig bodemgebruik is nog een aantal vormen van grondgebruik onderscheiden. Deze zijn zeer ongelijksoortig en vergen elk een aparte benadering bij het inzichtelijk maken van de schadegevoeligheid voor wateroverlast. De beperkt beschikbare informatie over schaden betreft vooral schade door inundatie.

Woongebieden

Naar aanleiding van de overstromingen van de Maas is er een uitgebreide analyse gemaakt van de opgetreden schaden en de relatie ervan met de inundatiediepte. Voor de schade aan particulieren is daarbij de in Tabel 4.3 getoonde schadefunctie vastgesteld.

Tabel 4.3 Inboedel- en opstalschade per woning als functie van inundatiediepte

Inundatie diepte (in m)	Schade per woning (in guldens)
< 0.10	7.500
< 0.17	10.500
< 0.25	12.200
< 0.50	15.200
< 0.75	18.600
> 0.75	18.800

Bron: WL | DELFT HYDRAULICS, 1994

De betreffende schadefunctie betreft de som van inboedel- en opstalschade *per woning*. Bij regionale wateroverlast zullen de inundatiedieptes beperkt zijn; een gemiddelde schade van *f* 10.000,- per woning lijkt een redelijke schatting. Voor de mogelijke schade per hectare is aanvullende informatie nodig over de dichtheid van bebouwing. Bij 20 woningen per hectare bedraagt de potentiële schade zo'n *f* 200.000,- per ha. De hier gepresenteerde cijfers vormen een globale raming; in voorkomende gevallen dient beoordeeld te worden of er gronden zijn om deze ramingen naar boven of beneden bij te stellen.

De aangegeven schade betreft uitsluitend de materiële schade. Wateroverlast in bebouwd gebied zal ook kunnen leiden tot 'emotionele' schade: gevoelens van onmacht en ontreddering bij gedupeerde bewoners. Dit kan een reden vormen om voor bebouwd gebied een iets hogere norm te hanteren dan uitsluitend op economische gronden gerechtvaardigd zou zijn.

Naast schade en wateroverlast door 'water op straat' kan in het stedelijk gebied ook grondwateroverlast optreden. Het gaat dan vooral om problemen bij kelders en kruipruimtes ten gevolge van een te hoge grondwaterstand.

Bedrijfsterreinen (industriegebied)

Bij de analyse van de schade tengevolge van de overstromingen van de Maas is ook een analyse gemaakt van de schade bij bedrijven. Bedrijven zijn daarbij onderverdeeld in een viertal sectoren:

- industrie;
- bouwnijverheid;
- handel, horeca en recreatie;
- dienstverlening.

Gelet op verschillen in aard van bedrijvigheid is het niet verwonderlijk dat er forse verschillen bestaan in de omvang van de schade per bedrijf. Tabel 4.4 geeft daarom voor de betreffende sectoren een marge voor de schade per bedrijf.

Tabel 4.4 Schade ten gevolge van inundatie voor verschillende bedrijfssectoren (per bedrijf)

Bedrijfssectoren	Schade per bedrijf (in guldens)
industrie	50.000 - 250.000
bouwnijverheid	20.000 - 70.000
handel, horeca en recreatie	20.000 - 70.000
dienstverlening	15.000 - 50.000

Bron: WL | DELFT HYDRAULICS, 1994

Er is geen relatie vastgesteld tussen de omvang van de schade en de inundatiediepte. Op basis van 'expert judgement' is in het onderzoek van de Maas aangehouden dat bij inundatiedieptes van minder dan 0.25 m de schade 25 % bedraagt van de in Tabel 4.4 opgenomen schade. Voor inundatiedieptes van 0.25 - 0.75 m bedraagt de schade ca. 50 %. Helaas ontbreekt informatie over de gemiddelde bedrijfsomvang in hectaren, zodat de schade per bedrijf niet direct is te vertalen in potentiële schade per hectare. Nog in sterkere mate dan bij woongebieden geldt voor deze schadecategorie dat in voorkomende gevallen dient te worden bezien of er gronden zijn om de gepresenteerde ramingen naar boven of beneden bij te stellen.

Glastuinbouw

In de glastuinbouw kunnen twee vormen worden onderscheiden: ongeveer de helft van het areaal bestaat uit substraatteelt, de andere helft bestaat uit teelt in de grond. Hoogwater zorgt bij de teelt op substraat voor landbouwkundige schade door overstroming. Bij teelt in de grond ontstaan ook problemen door hogere grondwaterstanden. Naast de landbouwkundige schade zal als gevolg van overstroming ook schade kunnen optreden aan de gebouwen en installaties.

Voor alle landbouwgewassen zijn attenderingswaarden voor waterkwaliteit geformuleerd; dat zijn maximaal toelaatbare concentraties van een stof (Huinink, 1983). Wanneer deze concentraties worden overschreden treedt snel schade op. In de glastuinbouw worden strengere eisen aan waterkwaliteit gesteld dan in de overige landbouw; bij teelt op substraat zijn deze eisen nog strenger. Met name natrium en chloor zijn van belang. In gebieden met zoute kwel en/of brak oppervlaktewater kan bij hoogwater schade ontstaan. Ook is schade mogelijk door verspreiding van virussen, bacteriën en algen.

Voor de glastuinbouw zijn geen schadecijfers tengevolge van hoogwater beschikbaar. De bruto-opbrengsten, opgenomen in Tabel 4.5, geven een indruk van de potentiële opbrengstdepressies voor de verschillende gewasgroepen. Binnen de gewasgroepen bestaan overigens nog grote verschillen in opbrengst. Voor glastuinbouw bedraagt de gemiddelde opbrengst over de afgelopen vier jaar ca. 500.000 gulden per ha cultuurgrond. Per hectare 'glas' (netto oppervlak) is de opbrengst bijna twee keer zo groot.

Tabel 4.5 Bruto opbrengst voor gewasgroepen in de glastuinbouw

Gewasgroep	Bruto opbrengst (in guldens/ha cultuurgrond)
Pot en perkplanten	610.000
Snijbloemen	510.000
Groenten	410.000
Glastuinbouw gemiddeld	500.000

Bron:
- voor de gewasgroepen gemiddeld voor 1995 (Vreeke en Veenenklaas, 1997).
- voor glastuinbouw gemiddeld voor periode 1995-1998 (BIN).

Bijzondere objecten

Het is van belang om binnen of naast woongebieden en bedrijventerreinen apart aandacht te geven aan zogeheten 'hot spots', zoals ziekenhuizen, electriciteitscentrales en andere nutsvoorzieningen, stortplaatsen, gevaarlijke industrieën, e.d. Het gaat om bijzondere objecten waarvoor geldt dat wateroverlast kan leiden tot maatschappelijke ontwrichting resp. tot ernstige gevaren voor volksgezondheid of milieu. Deze objecten vergen een op de specifieke lokatie toegesneden beoordeling en afweging. Daarbij zijn duidelijk hogere normen voor bescherming tegen wateroverlast aan de orde dan bij een 'gemiddeld' woongebied of bedrijfsterrein.

Natuurgebieden

Overstromingen zullen voornamelijk voorkomen in natte, relatief laaggelegen gebieden. De planten die daar groeien zijn aan deze omstandigheden aangepast (gasuitwisseling via holle stengels/wortels in plaats van via de bodem en daardoor minder snel sterfte dan bij landbouwgewassen). Dit wordt bevestigd door Rowaan (1950): niet bemest hooigrasland (= natuurgebied) in de Gelderse Vallei dat vier maanden onder water had gestaan (tot half mei 1940) bleek nauwelijks te hebben geleden van deze wateroverlast. Wateroverlast in hoger gelegen natuurgebieden kan daarentegen wel tot schade leiden (massaal afsterven van grove dennen bij Otterlo op een normaliter droog deel van de Veluwe tijdens het natte voorjaar van 1966 waarbij de grondwaterstanden langdurig tot aan maaiveld stonden).

Een natuurdoeltype geeft aan welke doelstellingen gelden in een begrensd gebied (Bal e.a., 1995). De mogelijkheden om een bepaald type natuur te ontwikkelen hangen daarbij niet alleen af van het kwantitatief waterbeheer. De meest sturende standplaatsfactoren zijn de waterhuishouding, zuurgraad, voedselrijkdom en saliniteit. De waterkwaliteit is dan ook belangrijk; de effecten van gebiedsvreemd water kunnen aanzienlijk zijn. Met inrichting- en beheermaatregelen kunnen de standplaatsfactoren worden beïnvloed. Er bestaat geen maat om schade aan natuur te definiëren. Door Blokland en Kleijberg (1997) is een werkwijze gepresenteerd om de eisen voor een optimale waterhuishouding per natuurdoel vast te stellen. Daarbij zijn ook frequenties van overstromen en eisen ten aanzien van de waterkwaliteit gedefinieerd. Bij de selectie van gebieden voor gerichte inundatie kan hier rekening mee worden gehouden.
Daartoe kan de lijst met natuurdoeltypen worden gerangschikt naar geschiktheid voor overstroming van de standplaats.

Probleem voor een normering is dat de ecologische eisen wel bekend zijn maar dat aan natuur moeilijk een waarde en/of depressie kan worden toegekend waardoor binnen de beschouwde methode een afweging van natuur tegen de andere grondgebruikvormen moeilijk is te realiseren. Het gaat bij de functie natuur (anders dan bij landbouw) niet om productieverlies maar om veranderingen in soortensamenstelling. Omdat deze successie tientallen jaren kan duren is het niet mogelijk de directe gevolgen aan te geven van incidentele afwijkingen van de gewenste omstandigheden.

Hoogwater heeft ook gevolgen voor de aquatische natuur. Belangrijke door hoogwater beïnvloede standplaatsfactoren voor aquatische natuur zijn: waterdiepte, stroomsnelheid, lichtinval (troebelheid), temperatuur en waterkwaliteit. De methode van Blokland en Kleijberg is ook voor aquatische natuur toe te passen. Worm e.a. (1996) schetsen de gevolgen van het inlaten van gebiedsvreemd oppervlaktewater op aquatische ecosystemen.

De gevolgen van hoogwater op de fauna kunnen worden aangevoeld. Voor vissen en amfibieën kunnen nadelige effecten ontstaan door hoge stroomsnelheden, troebeling en vervuiling. Voor (weide)vogels is hoogwater c.q. overstroming tijdens het broedseizoen ongewenst. Zoogdieren zijn kwetsbaar voor hoge grondwaterstanden en overstroming in de winter: in het begin van de winter gaat voedsel verloren, bij overstroming aan het eind van de winter zijn de dieren al verzwakt (na een natte winter is de hazenstand daardoor kleiner dan na een droge winter). Bij de selectie van gebieden voor gerichte inundatie kan hier rekening mee worden gehouden. Aan de andere kant maken incidentele afwijkingen van de optimale situatie (hoogwater) deel uit van een natuurlijk selectieproces.

4.5 Conclusies ten aanzien van opzet van normstelling

De verkenning van de schadegevoeligheid van verschillende vormen van grondgebruik leidt tot een aantal inzichten met betrekking tot de bij de normstelling te onderscheiden vormen van grondgebruik, de relatieve ordening van beschermingsniveaus van deze vormen van grondgebruik en de invloedsfactoren die bij de definitie van falen van het watersysteem zouden moeten worden betrokken.

Welke vormen van grondgebruik te onderscheiden?

Ten aanzien van de te onderscheiden vormen van grondgebruik moet een goede balans worden gevonden tussen de aan de ene kant de gewenste differentiatie vanuit verschillen in waarde en kwetsbaarheid en aan de andere kant de gewenste eenvoud en praktische hanteerbaarheid van het normenstelsel. Op basis van de verkenning van de schadegevoeligheid kan worden geconcludeerd dat het zinvol is naast akkerbouw (granen, mais, aardappelen) in ieder geval hoogwaardige land- en tuinbouw (fruitteelt, boomteelt, tuinbouw en bollenteelt) als vorm van grondgebruik te onderscheiden. De gepresenteerde schadecijfers geven weinig aanleiding binnen de categorie 'hoogwaardige land- en tuinbouw' nog een verdere differentiatie aan te brengen.

Ordening van beschermingsniveaus voor vormen van grondgebruik

Op grond van de verschillen in schadegevoeligheid kan een *relatieve* ordening van de gewenste beschermingsniveaus worden vastgesteld voor de onderscheiden vormen van grondgebruik . Gelet op de schadecijfers lijkt het redelijk om aan akkerbouw een enigszins hoger beschermingsniveau toe te kennen dan aan weidegrond. Voor hoogwaardige land- en tuinbouw zou het beschermingsniveau aanzienlijk hoger moeten liggen dan voor weidegrond, terwijl voor glastuinbouw, woongebied en bedrijfsterreinen het beschermingsniveau ten opzichte van weidegrond tenminste een orde hoger moet liggen. De ruwe schadecijfers voor glastuinbouw, woongebieden en bedrijfsterreinen geven weinig aanleiding voor grote verschillen in beschermingsniveau tussen deze vormen van grondgebruik.

Natuurgebieden en bijzondere objecten (zoals ziekenhuizen, electriciteitscentrales, gevaarlijke industrieën, e.d.) vergen een op de specifieke locatie toegesneden beoordeling en afweging van het risico van wateroverlast.

Welke schadefactoren te betrekken in de normstelling?

Het is duidelijk dat het overschrijden van een kritiek peil een belangrijke maat is voor het optreden van wateroverlast. De duur van overlast, het tijdstip binnen het jaar en de waterkwaliteit zijn factoren die met name voor de landbouwkundige schade van groot belang zijn. Er ontbreken echter voldoende gegevens om deze invloedsfactoren volwaardig in een normstelling te betrekken. Voor landbouwkundig bodemgebruik zouden in beginsel buiten het groeiseizoen geringere eisen kunnen worden gesteld aan de mate van bescherming tegen wateroverlast

Mogelijkheden tot kwantificering van schadeverwachting

Een systematische kwantificering van de schade tengevolge van wateroverlast is (vooralsnog) niet goed mogelijk. Er is nog een lange weg te gaan, voordat er voor de verschillende vormen van grondgebruik geschikte schadefuncties beschikbaar zijn. Met een systematische analyse van de schadecijfers van de wateroverlast van najaar 1998 zou op dit punt een belangrijke stap voorwaarts kunnen worden gemaakt.

5 Normstelling voor bescherming tegen wateroverlast

5.1 Inleiding

Het gewenste beschermingsniveau voor de onderscheiden 'gebiedstypen' is gebaseerd op de schadegevoeligheid en geldt in principe voor zowel peilbeheerste als vrij afwaterende gebieden. Dit gewenste beschermingsniveau moet worden vertaald in eisen aan de inrichting en het beheer van het watersysteem. Deze vertaling moet aansluiten op de kenmerken van het watersysteem en de manier waarop wateroverlast zich manifesteert: het belemmerd worden van de ontwatering, het toestromen van water naar de lager gelegen gebieden binnen het afvoer- of peilgebied, het buiten de oevers treden van waterlopen, e.d.

Om te kunnen vaststellen welke mate van bescherming wordt geboden, moet worden gedefinieerd onder welke omstandigheden een watersysteem faalt bij het bieden van de gewenste bescherming. Voor peilbeheerste en vrij afwaterende gebieden wordt in dit hoofdstuk een definitie uitgewerkt van falen (par. 5.2) en worden normhoogten voor wateroverlast door inundatie voorgesteld, gedifferentieerd naar de onderscheiden vormen van grondgebruik (par. 5.3).

Het risico van wateroverlast binnen een peilgebied of afvoergebied wordt mede bepaald door de mogelijkheden van afvoer van het waterbezwaar naar buiten het gebied. In geval van gestremde of gestuwde afvoer kan het risico van wateroverlast toenemen. Aan het einde van dit hoofdstuk (par. 5.4) wordt nader ingegaan op de bijdragen aan het risico van wateroverlast van de verschillende schakels binnen de keten van afwatering.

5.2 Falen van regionale watersystemen

Overschrijding van kritiek peil als maat voor wateroverlast

Voorgesteld wordt de overschrijding van een kritiek peil te hanteren als maat voor het optreden van wateroverlast. Overschrijding van een kritiek peil vormt een helder begrip, is eenvoudig te constateren en heeft een directe relatie met schade ten gevolge van wateroverlast. Het (incidenteel) overschrijden van een kritiek peil betekent overigens nog niet automatisch dat een watersysteem faalt bij het bieden van de *gewenste* bescherming tegen wateroverlast. Een watersysteem faalt pas wanneer het kritiek peil bezien over een lange periode van jaren *vaker* wordt overschreden dan *toelaatbaar* wordt geacht. Bij de definitie van het falen van een watersysteem gaat het dus om de combinatie van de hoogte van het kritiek peil en de toelaatbare frequentie van overschrijding van dit kritiek peil.

Het concept van overschrijding van een kritiek peil is in beginsel hanteerbaar voor zowel peilbeheerste als vrij afwaterende gebieden. Voor vrij afwaterende systemen zou in plaats van een kritiek peil ook een kritieke afvoer kunnen worden gehanteerd. Voordeel van een kritiek peil boven een kritieke afvoer is dat het eventuele effect van een gestuwde afvoer bij een kritiek peil direct in de normstelling kan worden betrokken. Het hanteren van een kritiek peil biedt tevens betere mogelijkheden om in te spelen op ruimtelijke verschillen in grotere peil- of afvoergebieden. Indien nuttig of nodig kan gewerkt worden met kritieke peilen op een aantal representatieve lokaties binnen het gebied. [2]

In verschillende waterschappen wordt of werd gewerkt met het begrip waterbezwaar als maat voor het optreden van wateroverlast. De duur van de wateroverlast wordt in dat geval expliciet betrokken bij de definitie van falen van het watersysteem. Dat is op zich een voordeel, maar levert tegelijkertijd een lastig vraagstuk op. De definitie van waterbezwaar vergt namelijk de vaststelling van een maatgevende periode. De keuze van maatgevende periode hangt af van de kenmerken van het beschouwde gebied; voor bijvoorbeeld de Friese boezem zal de maatgevende periode aanzienlijk groter zijn dan voor een beperkte boezem als bijvoorbeeld Schielands boezem.

Kritiek peil voor grondwater en/of oppervlaktewater?

Gerelateerd aan het functioneren van de afwatering zijn twee vormen van wateroverlast onderscheiden: beïnvloeding van ontwatering en (begin van) inundatie. Voor beide vormen van wateroverlast moet een kritiek peil worden vastgesteld. Voor (begin van) inundatie gaat het om de waterstand van het oppervlaktewater ten opzichte van het maaiveld; het kritiek peil heeft dus per definitie betrekking op oppervlaktewaterstanden.

Bij een norm voor beïnvloeding van ontwatering gaat het om wateroverlast door hoge grondwaterstanden. De overschrijding van een kritiek *grond*waterpeil lijkt dan op zich een logische maat. De normstelling voor beïnvloeding van ontwatering is echter gericht op hoge grondwaterstanden *voor zover* die (mede) veroorzaakt zijn door hoge waterstanden van het oppervlaktewater. Om die reden verdient het oppervlaktewaterpeil als kritiek peil de voorkeur, ondanks dat dit peil een indirecte maat vormt voor wateroverlast door hoge grondwaterstanden. Immers er kunnen zich ook hoge grondwaterstanden voordoen uitsluitend tengevolge van beperkte infiltratie- en ontwateringsmogelijkheden, los van eventuele beperkingen in de afwatering. Een verhoging van het oppervlaktewaterpeil heeft in die situatie hooguit een effect op de duur van de hoge grondwaterstanden en niet op het optreden van de hoge grondwaterstanden als zodanig.

Een goede onderbouwing van het kritiek peil vergt dan ook een nadere analyse van de mate waarin en de frequentie waarmee de afwatering een belemmering vormt voor de ontwatering. De verhouding tussen ontwaterings- en afwateringscapaciteit (zie ook par 2.2) is hierbij een belangrijke factor.

[2] *Voor een nadere beschouwing over een geschikte maat voor het definiëren van falen van regionale watersystemen; zie ook Schuurmans, e.a., (1999).*

Samenhang tussen kritiek peil en overschrijdingsfrequentie

De hoogte van het kritiek peil en de toelaatbare frequentie van overschrijding van dit peil zijn direct aan elkaar gekoppeld. In het geval van de norm voor beïnvloeding van ontwatering impliceert een hoger kritiek peil een grotere mate van beïnvloeding van de ontwatering en daarmee een relatief grotere bijdrage aan de wateroverlast ten gevolge van hoge grondwaterstanden. De toelaatbare overschrijdingsfrequentie van een dergelijk hoger kritiek peil zal dus lager zijn.

Voor de norm van begin van inundatie geldt dat de schade betrekkelijk ongevoelig is voor de inundatiediepte. Een hoger kritiek peil heeft hier vooral consequenties voor het gedeelte van het gebied waar daadwerkelijk schade optreedt. Een hoger kritiek peil representeert een groter areaal met wateroverlast; overschrijding van dit hogere peil is derhalve minder acceptabel.

Differentiatie van kritiek peil tussen gebiedstypen?

Door differentiatie van het kritiek peil voor de verschillende gebiedstypen kan inbeginsel beter aansluiting worden gevonden bij de huidige droogleggings- en afvoernormen. Daarnaast kunnen inzichten over verschillen in schadegevoeligheid voor hoge grondwaterstanden worden betrokken in de keuze van het kritieke peil. Ook in de Unienotitie is ervan uitgegaan dat voor de 'grondwateroverlast' norm het kritiek peil per gebiedstype kan verschillen:

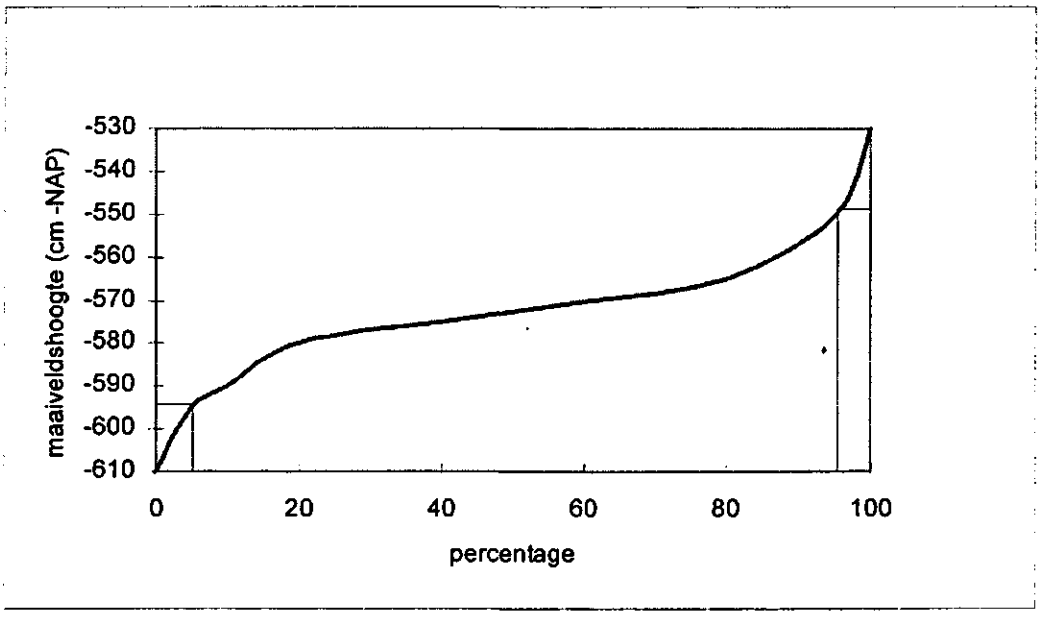
> *'Grondwateroverlast ten gevolge van hoge oppervlaktewaterstanden treedt op wanneer de ontwatering van de percelen beïnvloed gaat worden. Het peil waarbij het water de drainage of de riolering inloopt, in plaats van uit. Dat peil ligt overigens niet vast maar zou per gebied moeten worden vastgesteld. In een akkergebied bijvoorbeeld door uit te gaan van het peil waarbij de drainagelozingen 10 à 20 cm onder water staan. In een graslandgebied zou als peil zelfs de (laagste) maaiveldhoogte kunnen gelden: dus het begin van inundatie. Voor bebouwd gebied valt te denken aan het peil waarbij het water de riolering inloopt.'*

Het variëren van het kritiek peil tussen gebiedstypen kent als belangrijk nadeel dat verschillen in beschermingsniveaus minder transparant zijn. Bij het hanteren van één kritiek peil komen de verschillen in beschermingsniveau tussen de gebiedstypen alleen tot uitdrukking in de toelaatbare overschrijdingsfrequentie van het kritiek peil; dit komt de helderheid van de normstelling ten goede.

Variatie in hoogteligging van het maaiveld binnen het gebied

De ligging van de waterlopen ten opzichte van het maaiveld en de variatie in maaiveldhoogte binnen een gebied bepalen in belangrijke mate waar de wateroverlast zich zal voordoen c.q. via welke mechanismen wateroverlast zal kunnen optreden. Door variatie in de hoogteligging van het maaiveld en door opbolling van het grondwater zal de ontwateringsdiepte niet overal binnen het gebied dezelfde zijn.

Variatie in hoogteligging van het maaiveld speelt uiteraard ook een rol bij de bestaande normen voor drooglegging bij peilbeheerste gebieden; daarbij wordt veelal uitgegaan van het 5% (of 10 %) laagste maaiveld criterium (zie ook Figuur 5.1). Daar dit een reeds ingeburgerd begrip betreft, ligt het voor de hand hierop aan te sluiten. Dat neemt niet weg dat het nuttig en nodig is naar het feitelijk bodemgebruik binnen een gebiedstype te kijken, in samenhang met de hoogteligging van het maaiveld. Op grond van dit inzicht kan een beter onderbouwde keuze worden gemaakt voor het te hanteren kritiek peil. Is sprake van grote verschillen in hoogteligging van het maaiveld of in ontwateringsdiepte binnen een gebied, dan kan overwogen worden om kritieke peilen op een aantal lokaties te definiëren.



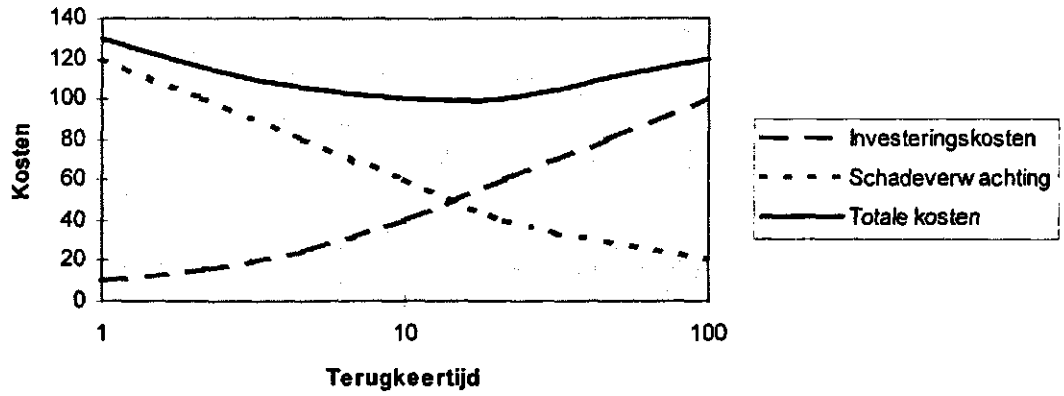
Figuur 5.1 Voorbeeld van verdeling van maaiveldshoogte

Bij vrij afwaterende gebieden zal grondwateroverlast en inundatie vooral optreden in de beekdalen en bij de overgang van een 'sterk hellend' naar een 'vlak' gebied. De ligging van het potentieel beïnvloede gebied is vrij goed te omlijnen. In principe zou ook bij vrij afwaterende gebieden een 5 % laagste maaiveld criterium kunnen worden gehanteerd. Maar het verdient wellicht de voorkeur hier flexibeler mee om te gaan en een zinvolle maat vast te stellen op basis van een analyse van de lokale omstandigheden.

5.3 Normhoogten voor bescherming tegen wateroverlast

Indicatief karakter van normhoogten

Voor de onderscheiden gebiedstypen worden in deze paragraaf normhoogten voorgesteld voor de norm van begin van inundatie: het gaat daarbij om kritieke peilen en eraan gekoppelde toelaatbare overschrijdingsfrequenties. Bij wateroverlast is in beginsel geen sprake van levensbedreiging; het gewenste beschermingsniveau kan dus voor een belangrijk deel op economische gronden worden afgewogen. Het optimale beschermingsniveau is dan het niveau waarbij de som van kosten van maatregelen en schadeverwachting minimaal is; zie Figuur 5.2 voor een illustratie van het theoretisch concept.



Figuur 5.2 Optimale beschermingsniveau op basis van een minimalisatie van de som van kosten van maatregelen en schadeverwachting

De praktische toepasbaarheid van het concept stuit vooralsnog op problemen doordat de schade door wateroverlast nog onvoldoende nauwkeurig te bepalen is. Daarnaast kunnen binnen een gebiedstype nog grote verschillen bestaan in de potentiële schade; een en ander afhankelijk van de aanwezige dichtheid van bebouwing, de waarde van de geteelde gewassen, de aard van bedrijvigheid, e.d.. Het kostenminimum is tamelijk gevoelig voor afwijkingen van kosten en/of schadeverwachting. Afhankelijk van een over- of onderschatting van de schade kan het optimale beschermingsniveau sterk uiteenlopen.

Daarom wordt hier een meer kwalitatieve (indirecte) benadering gevolgd om de gewenste normhoogten af te leiden. De relatieve ordening van gewenste beschermingsniveaus van gebiedstypen vanuit de verkenning van de schadegevoeligheid vormt daarbij de basis. In aanvulling daarop wordt informatie gebruikt over het risico van wateroverlast in de huidige situatie resp. informatie over normen voor het falen van boezemkaden. Door combinatie van deze inzichten kan een samenhangende set van gewenste normhoogten worden afgeleid.

De gepresenteerde normhoogten hebben een indicatief karakter: ze geven de orde van grootte aan waarin de normhoogten moeten worden gezocht. De normhoogten geven een richtlijn voor het gewenste beschermingsniveau. Het indicatieve karakter van de normhoogten maakt het mogelijk rekening te houden met regionale verschillen in het optimale beschermingsniveau tegen wateroverlast.

Eventuele aanpassingen in beschermingsniveau voor een peil- of afvoergebied zullen te allen tijde moeten worden afgewogen op basis van de kosten van mogelijk te treffen maatregelen en de vermindering in risico van wateroverlast die ermee kan worden bereikt. Inzicht in de huidige beschermingsniveaus en in de kosteneffectiviteit van mogelijke maatregelen moet de basis vormen voor een bestuurlijke vaststelling van de gewenste beschermingsniveaus in het beheersgebied.

Normhoogten voor (begin van) inundatie

Op basis van de verkenning van de schadegevoeligheid is in kwalitatieve termen een *relatieve* ordening van beschermingsniveau vastgesteld. Kort samengevat geldt ten opzichte van het beschermingsniveau van weidegrond voor akkerbouw een enigszins hoger, voor hoogwaardige land- en tuinbouw een aanzienlijk hoger en voor glastuinbouw, woongebieden en bedrijfsterreinen een orde hoger beschermingsniveau. Deze relatieve ordening van beschermingsniveaus vormt de basis voor de indicatieve normhoogten.

Voor de vertaling van de relatieve ordening in absolute waarden van normhoogten is een boven- en ondergrens (een bandbreedte) nodig waartussen de toelaatbare overschrijdingsfrequenties zich moeten bevinden. Vanuit de huidige situatie kan een ondergrens worden afgeleid: uitgaande van handhaving van het huidige minimum beschermingsniveau geldt als ondergrens een norm van 1:5 - 1:10 jaar. Dit beschermingsniveau is van toepassing op het gebiedstype 'weidegrond'.

Voor de vaststelling van een bovengrens kan de norm voor het falen van boezemkaden als referentie gebruikt worden; deze norm is vastgesteld op 1:250 jaar. Het falen van boezemkaden zal, in vergelijking tot inundatie tengevolge van onvoldoende bergings- en afvoercapaciteit, tot grotere schaden kunnen leiden. Het lijkt derhalve redelijk de bovengrens voor de norm van begin van inundatie iets lager te leggen. Als bovengrens kan worden gedacht aan een toelaatbare overschrijdingsfrequentie van 1:100 - 1:150 jaar. De bovengrens van 1:100 jaar is van toepassing op glastuinbouw en bedrijfsterreinen. Voor woongebieden zou met het oog op immateriële schade een iets hogere bovengrens van 1:150 jaar kunnen worden aangehouden.

Gelet op de onzekerheden in de schaderamingen wordt voor de toelaatbare overschrijdingsfrequenties een marge aangehouden. Deze marges kunnen worden benut om in te spelen op de specifieke kenmerken van het beschouwde gebied. Hierbij te denken aan: de dichtheid van bebouwing bij woongebieden, de economische waarde van toegepaste teelten resp. de waarde en kwetsbaarheid van specifieke vormen van bedrijvigheid bij bedrijfsterreinen. Bij landbouwkundig bodemgebruik kan tevens rekening worden gehouden met verschillen in schade tussen wateroverlast in het groeiseizoen en daarbuiten.

Indicaties voor de toelaatbare overschrijdingsfrequenties voor de onderscheiden gebiedstypen zijn opgenomen in Tabel 5.1. Ten aanzien van het kritieke peil geldt voor alle vormen van grondgebruik de waterstand die overeenkomt met de maatgevende maaiveldhoogte; zie hiervoor par 5.2 ten aanzien van de variatie in hoogteligging van het maaiveld

Tabel 5.1 Indicaties van toelaatbare overschrijdingsfrequenties per gebiedstype voor de norm voor begin van inundatie

Vorm van bodemgebruik (gebiedstype)	Toelaatbare overschrijdingsfrequentie (herhalingstijd in jaren)
weidegrond	1:5 tot 1:10
akkerbouw	1: 10 tot 1: 20
hoogwaardige land- en tuinbouw	1: 30 tot 1: 60
glastuinbouw	1: 50 tot 1:100
woongebied	1: 50 tot 1:150
bedrijventerreinen (industriegebied)	1:50 tot 1: 100

Normhoogten voor beïnvloeding van ontwatering

Beïnvloeding van ontwatering is een fenomeen dat vrijwel jaarlijks of zelfs een aantal keren per jaar optreedt; het gaat dus om een betrekkelijk 'normale' gebeurtenis. De bestaande ontwaterings-, droogleggings- en afvoernormen richten zich op deze omstandigheden. De betreffende normen vormen echter geen integraal geheel en bieden onvoldoende zicht welk risico van wateroverlast binnen een gebied aanwezig is. De normen gelden bovendien voor stationaire situaties en houden derhalve geen rekening met de niet-stationaire interactie tussen grond- en oppervlaktewater. Een norm voor beïnvloeding van ontwatering, volgens dezelfde principes als de norm voor begin van inundatie, biedt meerwaarde ten aanzien van de genoemde beperkingen van de bestaande normen

Het vaststellen van een kritiek peil en een toelaatbare overschrijdingsfrequentie is voor de norm voor beïnvloeding van ontwatering echter een uiterst lastige zaak, temeer daar overschrijding van een kritiek oppervlaktewaterpeil een indirecte maat vormt voor grondwateroverlast. Om het kritiek peil goed onderbouwd te kunnen vaststellen is een nadere analyse nodig van het neerslag-afvoer proces, in het bijzonder de interactie tussen oppervlaktewater en grondwater. Een dergelijke analyse moet inzicht opleveren in welke mate wateroverlast wordt veroorzaakt door beperkingen in de ontwatering resp. door beperkingen in de afwatering. Deze verhouding is afhankelijk van de kenmerken van het gebied (de bodemopbouw, de mate van ontwatering) en van de omvang en voorgeschiedenis van de neerslag.

Daarnaast is voor de afleiding van een norm voor beïnvloeding van ontwatering inzicht nodig in de schadegevoeligheid van verschillende vormen van grondgebruik voor incidenteel optredende hoge grondwaterstanden. Nog sterker dan bij de norm voor begin van inundatie geldt dat de omvang van de schade door hoge grondwaterstanden seizoensafhankelijk is. Op dit moment ontbreekt de benodigde informatie over schadegevoeligheid goeddeels.

De relatieve ordening van schadegevoeligheid biedt op zich wel een basis voor de afleiding van toelaatbare overschrijdingsfrequenties van een kritiek peil voor de verschillende gebiedstypen. Ook de bestaande droogleggings- en afvoernormen geven enig houvast ten aanzien van de hoogte van het kritiek peil en de toelaatbare overschrijdingsfrequentie van dit peil.

Voor gedraineerde gronden geldt bijvoorbeeld als norm dat de openwaterstand behorend bij de halve maatgevende afvoer 10 cm beneden de uitmonding van de drains moet blijven. De halve maatgevende afvoer is daarbij de dagafvoer die gemiddeld 10 tot 20 dagen per jaar wordt bereikt of overschreden. Voor weidegrond zou dus een overschrijdingsfrequentie van het kritiek peil van 20:1 tot 10:1 jaar kunnen worden aangehouden.

Overschrijding van een hoger kritiek peil dan de drooglegging zou echter wel eens een representatievere maat kunnen vormen voor het optreden van schade door hogere grondwaterstanden ten gevolge van beperkingen in de afwatering. Daarnaast staat in beginsel ook nog ter discussie of de normhoogten nog gedifferentieerd zouden moeten worden op basis van bodemopbouw en mate van ontwatering resp. op basis van verschillen tussen seizoenen. Een dergelijke verdere differentiatie van normhoogten verhoudt zich in principe slecht met de gewenste eenvoud en helderheid van de norm voor beïnvloeding van ontwatering, maar is mogelijk toch noodzakelijk.

De bestaande kennis van de interactie tussen grond- en oppervlaktewater en van de schadegevoeligheid voor incidentele hoge grondwaterstanden vormt op dit moment een te wankele basis voor de vaststelling van een norm voor beïnvloeding van ontwatering. Daarom is er in deze fase van afgezien indicatieve normhoogten te presenteren voor de norm van beïnvloeding van ontwatering op een vergelijkbare wijze als voor de norm van begin van inundatie.

5.4 Samenhang binnen de afvoerketen

5.4.1 Gemeenschappelijke maat voor risico van wateroverlast

De voorgestelde normhoogten hebben betrekking op gebiedstypen: bepaalde vormen van grondgebruik gelegen binnen afvoer- of peilgebieden. Het gaat daarbij om een normstelling voor wateroverlast vanuit de invalshoek van de afwatering. Bij de afwatering dient rekening te worden gehouden met een aantal schakels binnen de afvoerketen, die van invloed kunnen zijn op het risico van wateroverlast. In het peilbeheerste deel van Nederland kan sprake zijn van verschillende peilgebieden binnen een polder, van verschillende polders (en mogelijke een deel vrij afwaterend gebied) dat naar de boezem afwatert en van de boezem die op het buitenwater loost. Bij het vrij afwaterend gebied is sprake van afvoer naar de grotere rivieren. Door stremming of opstuwing van de afvoer kan de kans op overschrijding van het kritieke peil binnen peil- of afvoergebieden toenemen. De interactie met het ontvangende water (de boezem, het buitenwater) dient dan ook bij de bepaling van het risico van wateroverlast te worden betrokken.

Om het risico van wateroverlast binnen de afwateringsketen goed op elkaar te kunnen afstemmen is een gemeenschappelijke maat nodig voor het risico van wateroverlast. Met behulp van deze gemeenschappelijke maat kan de bijdrage van de verschillende schakels in de keten aan het risico van wateroverlast in beeld worden gebracht. Als gemeenschappelijke maat kan worden aangehouden de frequentie waarmee het kritiek peil in het oppervlaktewater van peilgebieden resp. afvoergebieden wordt overschreden.

5.4.2 Stremming van afwatering naar de boezem

De Unienotitie gaat beknopt in op de normen op boezemniveau in relatie tot normen op gebiedsniveau. De leidende gedachte is dat andere factoren die van invloed zijn op de bescherming tegen wateroverlast geen (noemenswaardige) bijdrage meer mogen leveren aan het gekozen beschermingsniveau van het gebied. In statistische termen wordt dit vertaald in het uitgangspunt dat de faalkans van een boezem een orde lager moet zijn dan de faalkansen van het afwaterend gebied. Onder falen van de boezem wordt in dat verband verstaan het optreden van een maalstop.

In hoeverre is het uitgangspunt dat de boezem een orde lagere faalkans moet hebben dan de polders altijd van toepassing? Een van de conclusies van de evaluatie van de wateroverlast in Noord-Holland van 1994 was dat de maalstop op de boezem slechts weinig had toegevoegd aan de schade in de polders. Het lijkt bij eerste beschouwing niet evenwichtig om heel hoge eisen aan het functioneren van de boezem te stellen in een situatie dat de peilbeheersing van polders reeds ernstig faalt doordat de neerslag fors hoger is dan de afvoer- en bergingscapaciteit van de polders.

Tevens is de vraag aan de orde wat precies onder het falen van de boezem moet worden verstaan. Een bescheiden maalbeperking gedurende korte tijd zal, bezien over de periode van wateroverlast, nauwelijks van invloed zijn op de afwatering van de polders. Een dergelijke situatie zou dus met een zekere regelmaat geaccepteerd kunnen worden. Een complete maalstop van één dag of langer zal uiteraard veel minder acceptabel zijn en mag slechts bij hoge uitzondering optreden. De (extra) bijdrage aan het risico van wateroverlast in de polders door de gestremde afwatering bepaalt in feite in hoeverre een maalbeperking of maalstop acceptabel is.

In plaats van als norm te hanteren dat de faalkans van de boezems een orde kleiner is dan die van de polders, zou beter als norm kunnen worden gesteld dat de bijdrage aan het risico van wateroverlast in de polders door maalbeperkingen en/of maalstops niet meer mag zijn dan ca. 5-10 %.[3] De capaciteit van de boezem is dan onvoldoende wanneer door maalbeperkingen of maalstops het risico van wateroverlast in de polders meer dan 5 - 10 % toeneemt ten opzichte van een situatie waarbij de polders volledig ongehinderd op de boezem (hadden) kunnen uitslaan.

5.4.3 Opstuwing bij vrij afwaterend gebied

In analogie met de afvoerketen bij een peilbeheerst gebied zou als richtlijn kunnen gelden dat in een vrij afwaterend gebied het extra risico van wateroverlast ten gevolge van opstuwing vanuit het ontvangende water niet meer dan 5 - 10 % mag bedragen vergeleken met de situatie van een ongestuwde afvoer.

[3] *Het afkondigen van een maalbeperking of maalstop is een ingrijpende aangelegenheid. Om psychologische redenen kan overwogen worden hogere eisen aan de afwatering van de boezem te stellen dan rationeel gezien gerechtvaardigd zou zijn.*

Een andere optie zou kunnen zijn het effect van opstuwing en de kans op opstuwing direct te betrekken in de bepaling van de overschrijdingsfrequenties van de kritieke peilen binnen het afvoergebied.

6 Beoordeling van risico van wateroverlast

6.1 Inleiding

Om de mate van bescherming tegen wateroverlast te kunnen toetsen aan een norm is een methodiek nodig met behulp waarvan het risico van wateroverlast eenduidig kan worden vastgesteld. Een dergelijk methodiek moet in ieder geval rekening houden met het dynamisch gedrag van het watersysteem. In par. 6.2 worden de hoofdlijnen gepresenteerd van een probabilistische benadering met behulp waarvan het risico van wateroverlast van peil- en afvoergebieden kan worden gekwantificeerd. Apart aandacht wordt daarbij gegeven aan de interactie met het ontvangende water: de mogelijke stremming van de afvoer uit het peilbeheerst gebied resp. de opstuwing van de afvoer uit het vrij afwaterend gebied.

De gepresenteerde methodiek kan worden toegepast voor het beoordelen van de mate van bescherming tegen wateroverlast in de huidige situatie als ook voor het beoordelen van de effectiviteit van maatregelen voor het verminderen van het risico van wateroverlast Op deze toepassingsmogelijkheden en de interpretatie van de uitkomsten wordt in dit hoofdstuk nader ingegaan (par 6.3).

6.2 Methodiek voor kwantificering van risico van wateroverlast

6.2.1 Risico van wateroverlast van peil- en afvoergebieden

Uitgangspunten voor methodiek

De voorgestelde wijze van normstelling heeft implicaties voor de methodiek met behulp waarvan het risico van wateroverlast kan worden vastgesteld:

- de methodiek moet zijn gericht op het kwantificeren van het systeemgedrag en moet daarbij recht doen aan het dynamische karakter van de verschillende situaties die kunnen optreden;
- de effectiviteit van maatregelen als waterberging, calamiteitenpolders, e.d. moet met behulp van de methodiek kunnen worden vastgesteld; dat wil zeggen dat het systeemgedrag onder buitengewone omstandigheden in de methodiek dient te worden betrokken;
- de methodiek moet practisch bruikbare informatie opleveren ten aanzien van de overschrijdingsfrequentie van kritieke peilen op representatieve lokaties binnen het watersysteem.

Deze eisen laten zich vertalen in een methodiek gebaseerd op een risico-analyse. Voor het kwantificeren van het systeemgedrag wordt daarbij gebruik gemaakt van een neerslag-afvoer model. De voorgestelde probabilistische benadering is niet nieuw; de methode is al enkele jaren met succes toegepast voor beoordeling van het risico van wateroverlast in gebieden als Delfland, Schieland, Noordhollands Noorderkwartier, e.d. (zie kader 6.1)

Kader 6.1

Enkele ervaringen met de probabilistische beoordelingsmethode

Er zijn inmiddels verschillende toepassingen bekend van de probabilistische beoordelingsmethode. Enkele voorbeelden worden hieronder kort besproken.

Schieland
Voor het gebied van Schieland is een vergelijking gemaakt tussen de normen voor openwater berging en bemalingscapaciteit bepaald met een bestaande deterministische ontwerpmethode en op basis van een probabilistische beoordelingsmethode (WL,SC, 1997). Het ging in het onderzoek om normen voor verschillende typen gebieden: akkerbouw, veenweide, stedelijk gebied en glastuinbouw. Voor de probabilistische methode zijn voor deze gebiedstypen normen gedefinieerd voor het kritiek peil en de toelaatbare overschrijdingsfrequentie.

Uit de vergelijking van beide methoden kwam naar voren dat bij handhaving van de normen voor bemalingscapaciteit het percentage openwater berging voor akkerbouw en glastuinbouw iets lager mocht zijn dan op basis van de bestaande deterministische ontwerpmethode. Voor veenweide en stedelijk gebied leiden de beide methoden tot hetzelfde resultaat. Deze uitkomst wordt uiteraard mede bepaald door de gehanteerde uitgangspunten ten aanzien van kritiek peil en overschrijdingsfrequentie. Deze zijn in het onderzoek voor Schieland gebaseerd op literatuurstudie, een inventarisatie van de polders en interpretatie van de berekeningsresultaten van het neerslag-afvoer model.

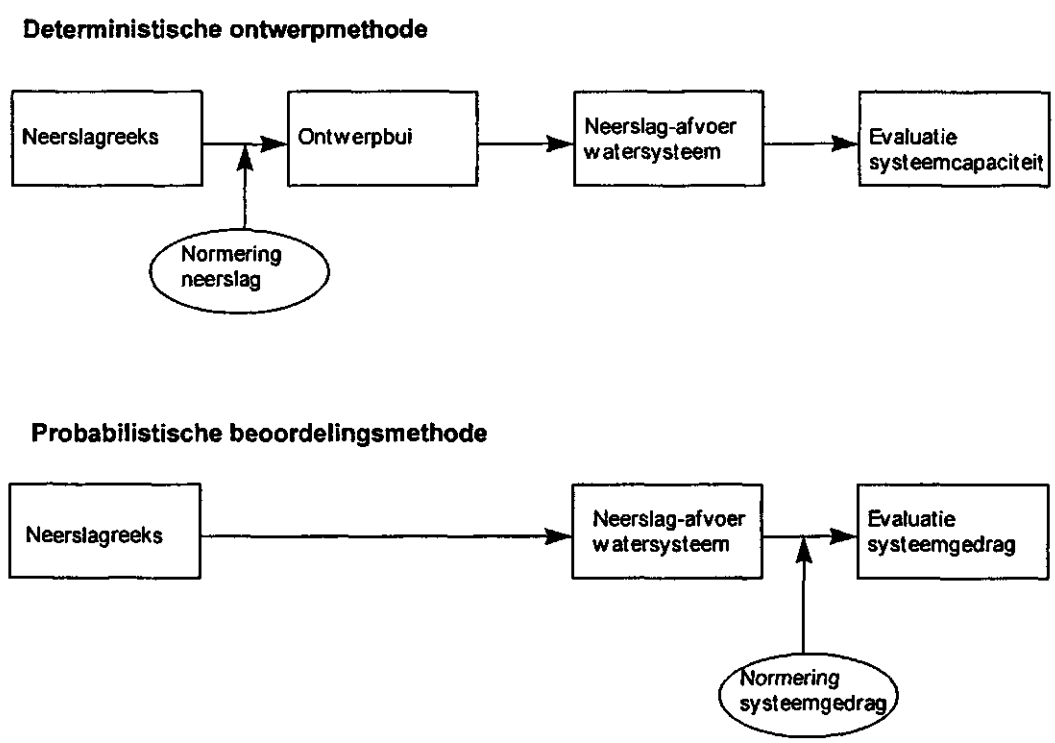
Delfland
Voor het gebied van Delfland is op basis van een vereenvoudigde schematisatie het risico van wateroverlast bepaald voor alle polders binnen het beheersgebied (WL. 1998). Het huidige beschermingsniveau tegen wateroverlast ligt 'gemiddeld' over de 73 polders rond de 1: 30 jaar. De spreiding is echter zeer groot. Opvallend bij de analyse was ook dat het beschermingsniveau van een aantal glastuinbouwgebieden relatief laag was (1: 5 jaar of nog minder).

Een gedetailleerde analyse van enkele polders, waarbij ook verschillende peilgebieden werden onderscheiden, laat zien dat ook tussen peilgebieden forse verschillen kunnen bestaan in de mate van bescherming tegen wateroverlast. De uitgevoerde analyses geven aan in welke polders sprake is van een bergingstekort. De bevindingen op dit punt sloten redelijk aan bij het overzicht van polders met bergingstekort in het vigerende waterbeheersplan. Voor een aantal polders weken de conclusies echter af: polders met een bergingstekort volgens het waterbeheersplan bleken voldoende bescherming te bieden, maar ook de omgekeerde situatie kwam in een enkel geval voor.

Hoewel de toepassingen tot op heden vooral zijn gericht geweest op het peilbeheerste deel van Nederland is de benaderingswijze even goed van toepassing op vrij afwaterende gebieden. De aard van het neerslag-afvoermodel zal kunnen verschillen en ook de manier waarop met stremming of opstuwing van de afvoer wordt omgegaan. Maar principieel is de benaderingswijze toepasbaar op zowel peilbeheerste als vrij afwaterende gebieden.

De voorgestelde probabilistische methode heeft punten van overeenkomst met een deterministische ontwerpmethode op basis van een ontwerpbui met een herhalingstijd van bijvoorbeeld 10 jaar. Toch zijn er ook belangrijke verschillen (zie ook Figuur 6.1):

1. Het watersysteem wordt belast met een langjarige reeks van neerslaggebeurtenissen in plaats van met één specifieke ontwerpbui. Daardoor kan beter rekening worden gehouden met de verschillende mogelijke combinaties van voorgeschiedenis en neerslaggebeurtenis die tot hoge waterstanden kunnen leiden.
2. De normering heeft betrekking op het systeemgedrag in termen van hoge waterstanden en niet op de neerslaggebeurtenissen die tot hoge waterstanden kunnen leiden.



Figuur 6.1 Verschillen tussen deterministische en probabilistische methode

Bepaling van randvoorwaarden

Om allerlei verschillende situaties ten aanzien van voorgeschiedenis, omvang en verloop van de neerslag te kunnen beschouwen moet het neerslag-afvoer proces over een reeks van (tientallen) jaren of langer worden gesimuleerd. De interesse gaat uiteraard alleen uit naar perioden met intensieve neerslag die tot hoge waterstanden kunnen leiden. Bij de selectie van de relevante neerslaggebeurtenissen gaat het echter niet alleen om de enkele dagen met intensieve neerslag, maar ook om de voorgeschiedenis ervan om de bergingsmogelijkheden in de bodem zo goed mogelijk in de analyse te betrekken. Het goed in rekening brengen van de voorgeschiedenis kan bij vrij afwaterende gebieden overigens een lastig vraagstuk zijn gelet op de grotere responstijden in vergelijking tot peilbeheerste gebieden.

De selectie van neerslaggebeurtenissen moet zijn afgestemd op de bergings- en afvoercapaciteit van het watersysteem. In een studie voor Delfland (WL, 1998) zijn bijvoorbeeld vanuit de periode 1952 - 1995 voor de analyse van het functioneren van de boezem 40 langdurige neerslagperioden geselecteerd die gemiddeld zo'n 3 tot 4 weken duren. Voor polders is de reeks uitgebreider en bestaat uit 128 buien, die in vergelijking met de 40 eerder genoemde neerslagperioden korter zijn. Voor een goede beoordeling van het systeemgedrag onder extreme omstandigheden kan het nuttig zijn de historische neerslagreeks aan te vullen.

Naast neerslagrandvoorwaarden zijn voor de geselecteerde perioden ook randvoorwaarden nodig ten aanzien van de waterstanden op het buitenwater. Het effect van klimaatverandering en zeespiegelrijzing op neerslagintensiteit en waterstanden van het buitenwater kan worden meegenomen bij de vaststelling van de randvoorwaarden Met behulp van de aangepaste randvoorwaarden kan vervolgens het effect van bepaalde mate van klimaatverandering op het risico van wateroverlast worden vastgesteld.

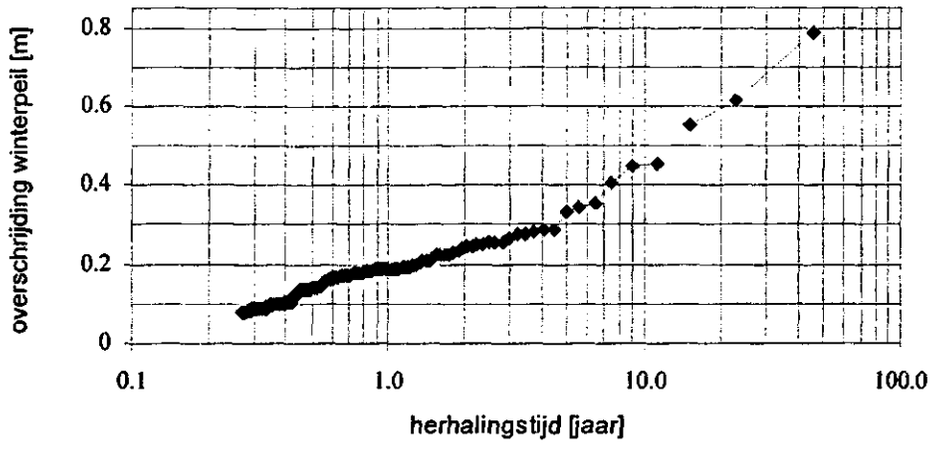
Modellering van het neerslag-afvoer proces

Neerslag-afvoermodellen zijn het geëigende instrument om neerslaggebeurtenissen te vertalen in grond- en oppervlaktewaterstanden op uiteenlopende lokaties binnen het watersysteem. De aard van het neerslag-afvoer model hangt af van het watersysteem dat wordt beschouwd. Daarbij is van belang dat het neerslag-afvoer proces onder extreme omstandigheden goed wordt beschreven. Voor polders bestaande aan verschillende peilgebieden kan bijvoorbeeld gelden dat de peilverschillen onder extreme omstandigheden niet te handhaven zijn omdat water over de stuwen stroomt. Ook kan het zijn dat het beheer onder die omstandigheden erop is gericht het waterbezwaar in het laagstgelegen peilgebied te concentreren. Een dergelijke herverdeling van het waterbezwaar binnen de waterhuishoudkundige eenheid moet correct worden gerepresenteerd.

Voor de modellering van het neerslag-afvoer proces en voor de evaluatie van het systeemgedrag is het tevens van belang om de hoogteligging van het maaiveld alsook het grondgebruik goed in kaart te brengen.

Evaluatie van systeemgedrag

Per neerslaggebeurtenis kunnen de maximale waterstanden worden vastgesteld voor de gewenste lokaties. De reeks van maximale waterstanden per lokatie kan statistisch worden bewerkt. Het resultaat is voor de relevante lokaties een overschrijdings-grafiek van de waterstanden (zie Figuur 6.2 voor een voorbeeld).



Figuur 6.2 Overschrijdingsgrafiek voor frequentie van overschrijden van het winterpeil

Aan de hand van de overschrijdingsgrafiek kan worden vastgesteld wat de overschrijdingsfrequentie is van bepaalde kritieke peilen en kan worden beoordeeld in hoeverre aan de gestelde eisen wordt voldaan. Afhankelijk van de aard van het neerslag-afvoermodel is er ook de mogelijkheid het verloop van grondwaterstanden in de beoordeling van het systeemgedrag te betrekken.

6.2.2 Stremming van afvoer bij peilbeheerst gebied

De uitslag van de gezamenlijke polders kan aanleiding geven tot problemen bij de peilbeheersing van de boezem. Om een onbeheersbare situatie op de boezem te voorkomen kan een maalbeperking of maalstop worden ingesteld, waardoor de afvoer van de polder(s) naar de boezem tijdelijk worden gestremd. Deze stremming verhoogt het risico van wateroverlast in de betreffende polders. Tussen polders en boezem bestaat een sterke interactie. Dit pleit ervoor het neerslag-afvoer model van het poldergebied aan te vullen met een waterbewegingsmodel voor de boezem. Er is dan sprake van een integrale modellering van het neerslag-afvoer proces van het volledige boezem-poldersysteem. De probabilistische benadering blijft overigens dezelfde: het analyseren van een reeks neerslaggebeurtenissen met behulp van een model van het boezem-polder systeem en het evalueren van het systeemgedrag van boezem- en polderwateren in termen van overschrijdingsfrequenties van kritieke peilen.

6.2.3 Opstuwing van afvoer bij vrij afwaterend gebied

Door hoge waterstanden op het ontvangende water kan opstuwing optreden van de afvoer vanuit het vrij afwaterende gebied. De hoge waterstanden op het ontvangende water zullen veelal maar beperkt worden bepaald door de afvoer van het beschouwde vrij afwaterende gebied. Het ligt daarom - anders dan bij een boezem - meer in de rede de benedenstroomse waterstanden als randvoorwaarde te hanteren.

Op basis van een kansverdeling voor de neerslag resp. voor de benedenstroomse randvoorwaarden kan met behulp van een neerslagafvoermodel een kansverdeling voor waterstanden binnen het afvoergebied worden afgeleid. Eventuele correlatie tussen neerslaggebeurtenissen en het optreden van hoge waterstanden in het ontvangende water kan worden vastgesteld en bij de vaststelling van de kansverdeling van de waterstanden in het afvoergebied worden betrokken.

6.3 Beoordeling beschermingsniveau in huidige situatie

Vergelijking huidige en gewenste beschermingsniveau

Door toepassing van de methodiek op de bestaande situatie ontstaat een kwantitatief inzicht in de geboden mate van bescherming tegen wateroverlast binnen een watersysteem. De aanwezige mate van bescherming kan worden vergeleken met de gewenste mate van bescherming, behorend bij het vigerende grondgebruik. De voorgestelde normhoogten bieden hiervoor een beoordelingsgrondslag. De vergelijking geeft inzicht in hoeverre de inrichting en het beheer van watersystemen en de geboden mate van bescherming tegen wateroverlast een evenwichtig geheel vormen. Men zou kunnen zeggen in hoeverre in het verleden met succes 'water als ordenend principe' is gehanteerd.

Binnen een waterhuishoudkundige eenheid (peilgebied of afvoergebied) zullen veelal verschillende vormen van grondgebruik voorkomen. Maatregelen ter vergroting van het beschermingsniveau tegen wateroverlast zullen meestal worden getroffen op het niveau van een waterhuishoudkundige eenheid en niet op het niveau van een bepaalde vorm van grondgebruik. De vraag doet zich dan voor tot welk niveau de bescherming tegen wateroverlast moet worden verbeterd, of met andere woorden van welke vorm van grondgebruik de eisen als maatgevend moeten worden beschouwd.

Deze keuze zal afhankelijk zijn van de verdeling van het grondgebruik binnen het beschouwde gebied. Het ligt niet in de rede om het beschermingsniveau van een akkerbouwgebied substantieel te vergroten ten behoeve van een klein inliggend stuk bollengebied. De vergelijking van de geboden en gewenste mate van bescherming kan dus uitwijzen dat bepaalde vormen van grondgebruik zich niet zo goed laten verenigen met de geboden mate van bescherming. Het inzicht in de risico's van wateroverlast kan daarmee leiden tot een aanpassing van het grondgebruik of tot een bewuste keuze van de ondernemer om dit risico te nemen. In ieder geval draagt het inzicht in het risico van wateroverlast in de huidige situatie bij aan betere afstemming tussen de gewenste en geboden mate van bescherming tegen wateroverlast.

Differentiatie in beschermingsniveau op basis van grondgebruik biedt in beginsel ook kansen om bijvoorbeeld binnen een polder de mate van bescherming tegen wateroverlast te wijzigen zonder dat de capaciteit van de poldergemalen wordt vergroot. Zo kan de bescherming tegen wateroverlast van weidegebied worden verminderd ten gunste van andere (hoogwaardiger) vormen van grondgebruik. De beschikbare capaciteit voor afwatering wordt dan vooral ingezet voor die hoogwaardiger vormen van bodemgebruik.

Daarnaast geldt dat de geboden mate van bescherming tegen wateroverlast binnen een watersysteem ook niet overal gelijk zal zijn. Zeker bij vrij afwaterende gebieden zal er 'van nature' sprake zijn van ruimtelijke verschillen in het aanwezige beschermingsniveau tegen wateroverlast. Daardoor biedt vrij afwaterend gebied in beginsel ook minder aangrijpingspunten om via het waterbeheer in te spelen op gedifferentieerd grondgebruik. Het grondgebruik moet hier sterker dan bij het peilbeheerste gebied inspelen op het beschermingsniveau dat vanuit het watersysteem geboden kan worden.

Hoe zwak is de zwakste schakel in de keten?

Om de effectiviteit van mogelijke maatregelen gericht te kunnen beoordelen is inzicht nodig in hoeverre de wateroverlast in de huidige situatie wordt veroorzaakt door beperkingen in de ontwatering resp. in de afwatering. Deze verhouding is afhankelijk van de kenmerken van het gebied, van de omvang van de neerslag en van de voorgeschiedenis. Om een goed beeld te krijgen in welke mate de verschillende beperkingen tot schade en overlast leiden is een simulatie over een lange reeks van jaren nodig.

In een peilbeheerst gebied kan een goed inzicht worden verkregen in de verschillende oorzaken van wateroverlast door simulaties uit te voeren voor een drietal verschillende situaties en deze onderling te vergelijken:

1. Simuleren van het neerslag-afvoer proces voor een situatie waarbij de afwatering op geen enkel moment een belemmering vormt voor de ontwatering. De overlast en schade die in die situatie optreedt komt volledig voor rekening van de beperkingen in de ontwatering.
2. Simuleren van het neerslag-afvoer proces in het gebied voor een situatie waarbij de boezem geen belemmeringen vormt voor de afwatering van de polders; de enige beperking wordt dus gesteld door de capaciteit van de poldergemalen.
3. Simuleren van het neerslag-afvoer proces in het gebied en de afwatering van de polders en de boezem met alle (eventuele) beperkingen in capaciteit; dit komt overeen met de huidige situatie.

Vergelijking van situatie 3) en 1) geeft aan welke schade en overlast vermeden kan worden door verbetering van de afwatering, d.w.z. door maatregelen die vallen onder verantwoordelijkheid van de waterschappen. Vergelijking van overlast en schade tussen situatie 3) en 2) geeft aan welke schade er in beginsel vermeden kan worden wanneer op boezemniveau maatregelen worden genomen. Vergelijking van situatie 2) en 1) geeft aan welke winst er potentieel is te halen met verbetering van de afwatering van de polders.

7 Conclusies en aanbevelingen

7.1 Conclusies

Op basis van de overigens beperkt beschikbare informatie over schadegevoeligheid is een gedifferentieerde normstelling ontwikkeld voor het risico van wateroverlast binnen regionale watersystemen. De verschillen in schadeverwachting van verschillende vormen van grondgebruik (gebiedstypen) vormen de basis voor de differentiatie in beschermingsniveau. De vormen van grondgebruik die daarbij worden onderscheiden zijn: weidegrond, akkerbouw, hoogwaardige land- en tuinbouw (fruitteelt, boomteelt, volle gronds tuinbouw en bollenteelt), glastuinbouw, woongebied en bedrijventerreinen. Natuurgebieden en bijzondere objecten (zoals ziekenhuizen, electriciteitscentrales, gevaarlijke industrieën, e.d.) vergen een op de specifieke locatie toegesneden beoordeling en afweging.

De normstelling heeft betrekking op het risico van wateroverlast voor zover te beïnvloeden met waterhuishoudkundige infrastructuur en beheer. In relatie tot het functioneren van de afwatering worden twee vormen van wateroverlast onderscheiden: overlast door hoge grondwaterstanden tengevolge van beïnvloeding van de ontwatering resp. overlast door oppervlaktewater dat over het gebied stroomt. Het optreden van beide vormen van wateroverlast wordt afgemeten aan het overschrijden van een kritiek peil. Voor de onderscheiden gebiedstypen zijn voor wateroverlast door begin van inundatie indicatieve normhoogten ingevuld voor de kritieke peilen en de toelaatbare frequenties van overschrijding van deze peilen. De betreffende normstelling is van toepassing voor zowel het peilbeheerste als het vrij afwaterende gebied. Voor de norm van beïnvloeding van ontwatering zijn in dit onderzoek geen indicatieve normhoogten gepresenteerd. De beperkte kennis van de interactie tussen grond- en oppervlaktewater en van de schadegevoeligheid bij incidenteel hoge grondwaterstanden staan de invulling van deze normhoogten vooralsnog in de weg.

Er is tevens een methodiek geschetst met behulp waarvan het risico van wateroverlast in peil- of afvoergebieden kan worden gekwantificeerd. De methodiek houdt rekening met het dynamische karakter van het watersysteem en het systeemgedrag onder extreme omstandigheden. Daarmee is een basis aanwezig voor een consistente beoordeling van de bescherming tegen wateroverlast in de huidige situatie alsook voor de beoordeling van de kosteneffectiviteit van mogelijke maatregelen.

7.2 Aanbevelingen

In dit rapport zijn de hoofdlijnen geschetst van een methodiek voor het kwantificeren van het risico van wateroverlast. Een vergelijkbare methodiek is al een aantal keren succesvol toegepast in het peilbeheerste deel van Nederland.

Voor vrij afwaterend gebied is er nog weinig tot geen ervaring. Aanbevolen wordt dan ook om een case-study uit te voeren om de praktische toepasbaarheid van de methodiek voor dit type watersysteem te toetsen.

Voor de toepassing van de methodiek zijn naast een neerslag-afvoer model van het beschouwde watersysteem een aantal randvoorwaarden nodig. Het gaat om randvoorwaarden in termen van neerslagreeksen en waterstanden op het ontvangende water. Voor de betreffende randvoorwaarden kan het nuttig zijn deze centraal vast te stellen. Daarbij kunnen ook de effecten van klimaatverandering worden meegenomen. Op die manier wordt bevorderd dat verschillende waterbeheerders met consistente uitgangspunten en randvoorwaarden werken.

De verkenning van de schadegevoeligheid van verschillende vormen van grondgebruik heeft nog eens bevestigd dat er betrekkelijk weinig systematische informatie beschikbaar is over schadegevoeligheid. Vanuit de wateroverlast van najaar 1998 is er in beginsel een schat aan informatie beschikbaar. Een systematische analyse en verwerking van deze schadecijfers is echter nodig om deze informatie te kunnen benutten bij een kostenbaten analyse van mogelijke maatregelen ter verbetering van de afwatering. Een dergelijke uitwerking zou moeten resulteren in zo mogelijk tijdafhankelijke schadefuncties. Dergelijke schadefuncties zijn niet alleen van belang voor een economische afweging van mogelijke aanpassingen van de infrastructuur maar kunnen ook worden benut bij het operationeel beheer om tijdens overlastsituaties keuzen ten aanzien van retentie, inundatie, e.d. beter te onderbouwen.

In dit rapport zijn normhoogten gepresenteerd in termen van kritieke peilen en toelaatbare overschrijdingsfrequenties voor een norm van begin van inundatie. Voor de norm voor beïnvloeding van ontwatering geldt dat een goede keuze van het kritiek peil en toelaatbare overschrijdingsfrequenties nog niet goed mogelijk is. Voor zowel peilbeheerst als vrij afwaterend gebied is meer inzicht gewenst in de interactie tussen grond- en oppervlaktewater; in het bijzonder ten aanzien van:

- de responstijden van het grondwatersysteem voor veranderingen in de oppervlaktewaterstanden; en
- de dynamiek van grond- en oppervlaktewaterpeilen rond perioden van intensieve neerslag.

8 Literatuur

Bakker, D., 1950. De inundaties gedurende 1944-1945 en hun gevolgen voor de landbouw. Deel V, De flora en fauna van Walcheren en andere inundatiegebieden tijdens en na de inundatie. Ministerie van Landbouw, Visserij en Voedselvoorziening, Den Haag. Verslagen van landbouwkundige onderzoekingen no. 56.17.

Bal, D, H.M, Beije, Y.R. Hoogeveen, S.R.J. Jansen en P.J. van der Roest, 1995. Handboek natuurdoeltypen in Nederland. IKC-Natuurbeheer, Wageningen. Rapport nr. 11.

Berg, C. van den, 1950. De inundaties gedurende 1944-1945 en hun gevolgen voor de landbouw. Deel VI, De reactie van landbouwgewassen op het zoutgehalte in de bodem. Ministerie van Landbouw, Visserij en Voedselvoorziening, Den Haag. Verslagen van landbouwkundige onderzoekingen no. 56.16.

Berg, C. van den, 1952. De inundaties gedurende 1944-1945 en hun gevolgen voor de landbouw. Deel XII, De invloed van opgenomen zouten op de groei en productie van landbouwgewassen op zoute gronden. Ministerie van Landbouw, Visserij en Voedselvoorziening, Den Haag. Verslagen van landbouwkundige onderzoekingen no. 58.5.

Blokland , K.A. en R.J.M. Kleijberg, 1997. De gewenste grondwatersituatie voor terrestrische natuurdoeltypen. Holoceen Nederland. Lelystad. NOV-rapport 3.2/STOWA-rapport 97-16.

Boekel, 1973. Schade door slemp.

Butijn, J., 1961. Bodembehandeling in de fruitteelt. Thesis, Wageningen.

Delver, P., 1968. Schade door wateroverlast bij fruitbomen. De Fruitteelt 58: 475-478.

Dorsman, C. en M. Wattel, 1951. De inundaties gedurende 1944-1945 en hun gevolgen voor de landbouw. Deel 7, Zoutschade bij tuinbouwgewassen. Ministerie van Landbouw, Visserij en Voedselvoorziening, Den Haag. Verslagen van landbouwkundige onderzoekingen no. 57.8

Feddes, R.A., 1971. Water, heat and crop growth. Thesis, Wageningen.

HKV en Oranjewoud, Onderzoek wateroverlast september 1998 voor Hoogheemraadschap van Delfland, Eindrapport, maart 1999

Hoorn, J.W. van, 1958. Results of a groundwaterlevel experimental field with arable crops on clay soil. Neth. J. of Agr. Sci. 6: 1-10.

Huinink, J.Th.M., 1993. Bodemgeschiktheidstabellen voor landbouwkundige vormen van bodemgebruik. IKC Akker- en Tuinbouw, Ede
Huinink, J.Th.M., F. Verstraten, J. Janssen, M.Mooij, L. Beijer en A. van der Wees, 1993. Het economisch belang van water in de landbouw. IKC Akker- en Tuinbouw, Ede

Huinink, J. Verstraten, F. Janssen, I. 1998. Het economisch belang van water in de landbouw. Ede : IKC Landbouw

Kuypers, A., H. Flikkema, M. Kok en I.B.M. Lammers, Extreme neerslag en de afwatering van Fryslan, Het Waterschap 99/2, blz. 54-59

Locher, W.P. en H. de Bakker (redactie), 1990. Bodemkunde van Nederland, Deel1 Algemene Bodemkunde. Malmberg, Den Bosch.

Minderhoud, J.W., 1960. Grasgroei en grondwaterstand;onderzoekingen over de betekenis van de grondwaterstand voor komkleigrasland. Proefschrift, Wageningen.

Projectgroep Waternood, Grondwater als leidraad voor het oppervlaktewater; Een op het grondwater georiënteerde aanpak voor inrichting en beheer van oppervlaktewatersystemen, Dienst Landelijk Gebied en Unie van Waterschappen, dlg-publicatie 1998/2

Rowaan, P.A., 1951. De inundaties gedurende 1944-1945 en hun gevolgen voor de landbouw. Deel III, Overzicht van inundatie-onderzoek in Nederland tot 1944. Ministerie van Landbouw, Visserij en Voedselvoorziening, Den Haag. Verslagen van landbouwkundige onderzoekingen no. 57.3.

Schuurmans, W., Ph. Hamaker, J. van der Kolff, en L.A. Bentschap Knook, Bergings- en bemalingscapaciteit van polders, Het Waterschap 96/5, blz. 164-167

Schuurmans, W., W. van der Ploeg en P.E.R.M. van Leeuwen, Omgaan met wateroverlast, afwatering in extreme omstandigheden, Het Waterschap 99/12, blz. 520 - 529

Segeren, W.A. en J. Visser, 1971. Nieuwe normen voor de ontwatering van appelboomgaarden. Van Zee tot Land, nr. 49: 103-126. Rijksdienst voor Ijsselmeerpolders, Lelystad.

Sieben, W.H., 1964. Invloed van de ontwateringstoestand op stikstofhuishouding en gewasopbrengst. Landbouwkundig tijdschrift 76: 784-802.

Sieben, W.H., 1974. Over de invloed van de ontwatering op de stikstoflevering en de opbrengst van jonge zavelgronden in de IJsselmeerpolders. Rijkstdienst voor de IJsselmeerpolders, Lelystad. Van Zee tot Land, nr 51.

Stuurman, W., Extreme omstandigheden en de afwatering van Hollands Noorderkwartier, Het Waterschap 99/8, blz. 342 - 343

TNO, TAW-E rapport Risico-analyse. 94-CON-R0120, A.C.W.M. Vrouwenvelder, P.H. Waarts, Delft, januari 1994

Visser, J. en J.Th. Locher en R. Brouwer, 1971. Effect of aeration and mineral supply on growth and mineral content of shoots and roots of apple trees. Neth. J. of Agr. Sci. 19: 125-137.

Waterloopkundig Laboratorium, Onderzoek Watersnood Maas (Boertien II), deelrapport 9: schademodellering. Delft/De Voorst, december 1994

Waterloopkundig Laboratorium, Economische kentallen voor faalkansen, Evaluatie Waterhuishoudkundige Infrastructuur Noordhollands Noorderkwartier, project T1622.40, Deelrapport 1, juli 1996

Waterloopkundig Laboratorium en SC-DLO, Evaluatie waterhuishoudkundige normen Schieland, project T2043, april 1997

Werkgroep HELP-tabel, 1987. De invloed van de waterhuishouding op de landbouwkundige productie. Landinrichtingsdienst, Utrecht. Mededelingen landinrichtingsdienst 176.

Werkgroep herziening cultuurtechnisch vademecum, 1988. Cultuurtechnisch vademecum. Cultuurtechnische vereniging, Utrecht.

WL | DELFT HYDRAULICS, Analyse Delflands boezem systeem, Rapport faalkansenanalyse A1, A2 en B1, Rapport T2125, augustus 1998

WL|DELFT HYDRAULICS, TNO en Rijkswaterstaat Bouwdienst, Standaardmethode Schade- en Slachtoffermodellering, Definitiestudie, Verslag R3340, maart 1999

Wijk, A.L.M. van, R.A. Feddes, J.G. Wesseling en J. Buitendijk, 1988. Effecten van grondsoort en ontwatering op de opbrengst van akkerbouwgewassen. ICW, Wageningen. ICW-rapport 31.

Bijlagen

A Unienotitie 'Schets voor normen waterbeheer'

Unie van Waterschappen

Schets voor normen waterbeheer

Noodzaak van normen voor het waterbeheer

Naar aanleiding van de wateroverlast in september en oktober 1998 en de daaruit voortvloeiende schade is bij de waterschappen een discussie op gang gekomen over de eisen die aan de waterhuishouding zouden moeten worden gesteld. Deels komt deze discussie voort uit de wens om te kunnen beoordelen of infrastructuur die door de waterschappen wordt beheerd voor haar taak is berekend. Anderdeels is er behoefte om aan de ingelanden duidelijk te kunnen maken in welke mate het waterschap hen beschermt tegen wateroverlast.
De behoefte om normen te stellen voor het waterbeheer is ook verbonden met de wens van de beheerders om overspannen verwachtingen ten aanzien van de waterhuishouding te voorkomen. Er bestaat geen maximale hoeveelheid neerslag die per etmaal kan vallen. Om te allen tijde gevrijwaard te willen blijven van wateroverlast is daarom het verlangen van het onmogelijke en daartoe kunnen ook de waterbeheerders niet worden gehouden. Normen voor de waterhuishouding geven aan waartoe een watersysteem in staat moet worden geacht. Omgekeerd echter maken normen ook duidelijk welk risico er resteert. Normen bakenen daarmee af in welke mate de waterbeheerder het risico van wateroverlast kan beperken door het watersysteem optimaal in te richten. Daarmee doet de waterbeheerder wat in zijn vermogen ligt. Dat neemt niet weg dat er ook bij een optimaal ingericht watersysteem een resterend risico op wateroverlast bestaat. Dat resterend risico en de dekking daarvan vormt in de eerste plaats een verantwoordelijkheid voor de maatschappij en daarmee van het algemeen bestuur. Weliswaar gaan er gedachten op om ook dat risico neer te leggen bij de waterbeheerders. Dat lijkt echter minder voor de handliggend. Immers, het gaat om het dekken en derhalve om het zoveel mogelijk spreiden van risico's opdat de lasten gemiddeld zo laag mogelijk blijven. Landelijke belastingen, opcenten op verzekeringspremies zijn daarvoor aangewezen instrumenten. Wel moet er vanuit kunnen worden gegaan dat geen aanspraak op dergelijke middelen wordt gedaan doordat het waterhuishoudkundig systeem niet voldoet. Met andere woorden, dat het gebied zijn zaken voor elkaar heeft. Voldoen aan normen voor waterhuishouding van een gebied wordt in deze zienswijze dan een voorwaarde om tot een algemene voorziening (verzekering) van het resterend risico te kunnen toetreden. Het is daarmee ook helder dat normen formeel en via een openbare procedure dienen te worden vastgelegd.

In deze notitie wordt de gedachteontwikkeling bij de waterschappen ten aanzien van de normen voor het waterbeheer weergegeven. Dat zal leiden tot een schets van een landelijk normensysteem waarbij dat in eerste instantie beperkt is tot laag Nederland, dat wil zeggen het bemaalde polder– en boezemgebied. Bezien zal nog worden of het systeem ook voor hoog Nederland toepasbaar is. Het gaat in deze notitie vooral om de beschrijving van het systeem. De her en der vermelde getalswaarden hebben daarbij slechts een indicatieve of sterker nog een illustratieve functie. Op de procedurele aspecten is nog niet of nauwelijks ingegaan. De waterschappen beogen met deze notitie een aanzet te geven tot de discussie over dit onderwerp in de Commissie waterbeheer 21e eeuw.

Theoretisch optimale beperking van het risico

De mate waarin een gebied wordt beschermd tegen wateroverlast wordt beïnvloed door de beschermende infrastructuur (sloten, kanalen, dijken, gemalen etc.) en dus ook door in-

vesteringen in die infrastructuur. Een optimum voor de bescherming tegen wateroverlast vanuit een zuiver econometrische overweging wordt gevonden als de som van de investeringen voor het waterhuishoudkundig systeem en de schadeverwachting minimaal zijn (zie figuur...). Dit is het (theoretisch) principe waarmee een optimum kan worden bepaald voor de eisen die aan de waterhuishouding kunnen worden gesteld. De benadering zou op zichzelf voor de normering van de wateroverlast toepasbaar zijn, omdat het hier, anders dan bijvoorbeeld bij de waterkeringszorg, vrijwel uitsluitend een vraagstuk van (maatschappelijke) schadebeperking betreft. Mensenlevens of onherstelbare schade zijn niet in het geding. In de praktijk levert zij echter moeilijkheden op doordat het waterhuishoudkundig systeem van ons land uiterst gecompliceerd is. Voor één polder of watersysteem (de kleinste gebiedseenheid) zou wellicht nog een dergelijk optimum te bepalen zijn. Indien echter ook rekening moet worden gehouden met de onderlinge beïnvloeding (samenhang) van verschillende polders, de afhankelijkheid van spuimogelijkheden op het buitenwater, het enorme aantal polder- of watersystemen, dan zal duidelijk worden dat het bepalen van theoretisch optimale normen per polder of watersysteem vrijwel onmogelijk is. Daarbij komt nog dat het optimum in de praktijk niet altijd te vinden is. Een theoretisch normensysteem zou overigens tot even zovele normen leiden als er poldersystemen zijn. Dat zou eerder tot maatschappelijke verwarring dan tot heldere communicatie met en reële verwachtingen van de ingelanden leiden.
De gedachten van de waterschappen gaan, gelet op het voorgaande, uit naar een meer globale benadering, waarbij niet per kleinste gebiedseenheid (polder of watersysteem) maar per gebiedstype wordt genormeerd. Dergelijke gebiedsnormen zijn eveneens te onderbouwen met de kennis van het theoretische schademodel. In het navolgende wordt een dergelijk model geschetst.

Schets van een normenmodel

Normen per gebiedstype

Uit de theorie blijkt dat de schadeverwachting bij wateroverlast een belangrijk element voor de normering vormt. Die schadeverwachting is gerelateerd aan gebruik en bestemming van een gebied. Veenweidegebieden, akkerbouw, industriegebieden etc. zullen globaal genomen overeenkomstige schadeverwachtingen hebben. Normen kunnen daarom zij het enigszins globaal per gebiedstype worden gedefinieerd. Dat zal waarschijnlijk leiden tot een indeling in natuur-, grasland-, akkerbouw-, glastuinbouw-, industrie- en woongebieden.

Wat is falen?

Per gebied zal vervolgens aangegeven moeten worden wanneer het watersysteem faalt en met welke frequentie dit zou mogen gebeuren. Dat veronderstelt in de eerste plaats dat bekend is wat falen precies is en in de tweede plaats met welke frequentie dat zou mogen voorkomen. Onder falen dient in dit verband te worden begrepen dat het gestelde doel niet wordt gehaald. Daarmee wil nog niet gezegd zijn dat falen ook verwijtbaar is. Laat staan dat sprake zou zijn van het juridische begrip (grove) nalatigheid. Voor het normeren van het waterbeheer dient slechts een doelstelling te worden geformuleerd waarvan vervolgens gezegd wordt met welke frequentie die mag worden overschreden. Hoe vervolgens met falen moet worden omgegaan is een andere vraag.
Voor falen van het watersysteem zijn zeer veel verschillende grenzen aan te geven. Het meest functioneel lijkt echter om grenzen te bepalen die ook voor derden goed inzichtelijk zijn en een directe relatie hebben met wateroverlast. Met name peilgrenzen lenen zich daar in het bijzonder voor. Peiloverschrijding is een helder begrip, eenvoudig te constateren en

heeft een directe relatie met schade door water. In feite zijn daarbij twee verschillende vormen van wateroverlast te onderscheiden:
- overlast door hoge grondwaterpeilen die worden veroorzaakt door hoge standen van het oppervlaktewater;
- overlast door oppervlakte dat over het gebied stroomt.

Dat leidt er toe dat per gebied twee peiloverschrijdingsnormen zouden moeten gelden.

1e norm: grondwateroverlast als gevolg van hoge waterstanden

De meest simpele peiloverschrijdingsnorm voor grondwateroverlast is vanzelfsprekend de overschrijding van het grondwaterpeil zelf. Die norm is echter niet toepasbaar, omdat grondwaterpeiloverschrijding ook kan optreden als gevolg van veel neerslag, terwijl het oppervlaktewater volledig op peil is. Het gaat dus om grondwateroverlast als gevolg van hoge waterstanden. Die treedt op indien het peil wordt overschreden waarbij de afwatering van een gebied de ontwatering van de verschillende percelen gaat beïnvloeden. Als dat peil wordt overschreden kan het water niet langer vrij uit het ontwateringsysteem naar het oppervlaktewater (afwateringssysteem). Het peil dus waarbij het water de drainage of riolering in loopt, in plaats van uit. Dat peil ligt overigens niet eenduidig vast maar zou per gebied moeten worden vastgesteld, in een akkergebied bijvoorbeeld door uit te gaan van het peil waarbij de drainagelozingen 10 à 20 cm onder water staan. In een graslandgebied zou als peil zelfs de (laagste) maaiveldhoogte kunnen gelden: dus het begin van inundatie. Voor bebouwd gebied valt te denken aan het peil waarbij de rioleringen inlopen.
Per gebiedstype kan (gebruikmakend van de globale schadeverwachtingen) een overschrijdingskans worden aangegeven van het gekozen peil. Het is niet onaannemelijk dat, gezien de huidige ontwerpnormen zoals die in de landinrichting worden gehanteerd, overschrijdingsfrequenties voor beïnvloeding van de ontwatering worden gevonden in de orde van grootte van 10 maal per jaar voor akkerbouwgebieden en 1 per 20 jaar voor kassenbouw en mogelijk ook voor woongebieden leiden. Het bepalen van deze overschrijdingsfrequenties, zeker als die ook aan de schadeverwachtingen moeten zijn gerelateerd, bij voorkeur in het kader van het onderzoek waterbeheer 21e eeuw, dienen te worden opgespoord.

2e norm: begin van inundatie

Een normering van het peil waarbij grondwateroverlast zal optreden is nog niet voldoende om de eisen aan de waterhuishouding en de afbakening van het maatschappelijk risico vorm te geven. Stijging van de grondwaterstand leidt tot ongemak en schade door slecht werkende rioleringen, vollopen van kelders als ook tot soms zeer aanzienlijke gewasschade. Inundatie heeft echter, zeker in het stedelijk gebied, ontwrichting van het maatschappelijk leven tot gevolg en leidt tot enorme schade. Daarom zou juist ook ten aanzien van de kans op inundatie een norm moeten worden afgesproken. Naast het peil waarbij de afwatering de ontwatering gaat beïnvloeden dient daarom een peil te worden aangegeven waarbij inundatie begint. Bijvoorbeeld door het peil aan te geven waarbij meer dan 5% van het oppervlak van het gebied inundeert.
Om de gedachten te bepalen zou dat kunnen leiden tot overschrijdingsfrequenties voor inundatie die in veenweidegebieden en wellicht ook akkerbouwgebieden in de orde van grootte van 1/10 jaar, voor glastuinbouw 1/50 jaar en in woongebieden 1/100 jaar liggen. Ook hier geldt dat deze getalswaarden bij voorkeur in het onderzoek waterbeheer 21e eeuw moeten worden bepaald.

Normen voor de boezem en andere watersystemen

Tot hiertoe is nog slechts ingegaan op de normen die zouden moeten worden gesteld aan de waterhuishouding van het gebied zelf. De effecten van andere systemen zoals het boezemsysteem is daarbij nog niet in beschouwing genomen. Het zal echter duidelijk zijn dat de eisen die aan een gebied worden gesteld niet gehaald kunnen worden als de boezem of een ander watersysteem waarvan het gebied afhankelijk is faalt. Om aan de gestelde eisen voor het gebied te kunnen voldoen moet er vanuit kunnen worden gegaan dat het gebied kan afwateren op de boezem (geen maalstop) en zeker mag de boezem niet leeg lopen in het gebied (kade breuk). Daarmee is impliciet aangegeven dat andere factoren die op de bescherming van wateroverlast van invloed zijn geen (noemenswaardige) bijdrage meer zouden mogen leveren aan het gekozen beschermingsniveau van het gebied. In meer statistische termen betekent dit dat de faalkansen van de boezem en de boezemkaden een factor hoger moeten zijn dan de faalkansen voor het gebied.
De boezem kan aan de hier gestelde eis voldoen door over genoeg bemalingscapaciteit en berging te beschikken. Daarnaast kan echter ook retentie van water in aanliggende polders een oplossing zijn. In dat geval dient de faalkans van de boezem met inbegrip van het gebruik maken van retentiegebieden te voldoen aan het criterium. Dat gecombineerde systeem dient dan een faalkans te hebben die een factor hoger ligt dan de faalkans van de aanliggende gebieden. In feite komt een dergelijke normering voor de boezem er op neer dat de kans dat een bemalingstop voor de hoogst beveiligde gebieden zo klein is dat deze voor die gebieden kan worden verwaarloosd. Voor de retentiegebieden zal moeten worden nagegaan of de kans op peiloverschrijding inclusief het gebruik als retentie aan de gestelde gebiedseisen kan blijven voldoen. Er ontstaat derhalve bij het toepassen van retentie een iteratief proces tussen gebied en boezemsysteem.
Ten opzichte van de eerder genoemde getallen zou de faalkans van de boezem ten opzichte van het bebouwde gebied kleiner moeten zijn dan 1/100.

Voor de normen en faalkansen van boezemkaden heeft het IPO onlangs een rapport opgesteld. De normen die daarin worden voorgesteld lijken te voldoen aan hier gestelde voorwaarden.
In theorie kan ook het bezwijken van primaire waterkeringen die het water van de zee, grote rivieren en het IJsselmeer keren nog een bijdrage aan het falen van de bescherming tegen wateroverlast geven. De overschrijdingsfrequenties van maximaal 1/1.250 jaar voor de primaire waterkeringen zijn echter zo laag dat deze evenals de kans op kadebreuk sowieso mogen worden verwaarloosd ten opzichte van de eerder genoemde normen. Wel geeft dit omgekeerd aan dat er tussen wateroverlast, falen van de boezem en falen van de primaire waterkeringen een logische opbouw mogelijk is.

Vastlegging van normen

De gebiedsindelingen, peilkeuzes en normen die in het hiervoor beschrevene zijn opgevoerd moeten ergens worden verankerd. Het provinciaal waterhuishoudingsplan of het waterbeheersplan van het waterschap kunnen hiervoor een geschikt instrument zijn. Essentieel is dat de verschillende keuzes in een openbare procedure worden vastgesteld.

Samenvatting van de normenschets

Samengevat ziet de schets voor een normenstelsel er als volgt uit.
- Er worden gebiedstypen onderscheiden met gelijke schadeverwachtingen, hetgeen zal neerkomen op gebieden met overeenkomstig gebruik (natuur, grasland, akkerbouw, glastuinbouw, woongebied).

- Er worden per gebied twee referentiepeilen vastgesteld:
  a het peil waarbij grondwateroverlast als gevolg van hoge oppervlaktewaterstanden optreedt;
  b het peil waarbij meer dan x% van het gebied inundeert.
- Er worden voor beide peilen per gebiedstype overschrijdingsfrequenties vastgesteld.
- De kans op falen van de boezem (instelling van bemalingstop) dient een orde kleiner te zijn dan de kans op overschrijdingen van de eerder genoemde peilen. In het geval dat van retentie gebruik wordt gemaakt dienen in een iteratief proces de faalkansen van boezem en (retentie-) gebieden op elkaar te worden afgestemd.

Ontwerp-methodiek en ontwerp-randvoorwaarden

Het lijkt gewenst dat er op basis van het hiervoor geschetste normensysteem een ontwerp-methodiek voor de waterhuishoudkundige infrastructuur wordt ontwikkeld. Met andere woorden, in een handleiding zou moeten worden aangegeven hoe de vereiste peilen kunnen worden bepaald en op welke wijze vervolgens kan worden berekend hoe groot berging en afvoer in het gebied moeten zijn om aan de eisen te kunnen voldoen Ten slotte worden aangegeven hoe groot berging en afvoer van de boezem dienen te zijn. Daarnaast lijkt het nodig om standaard ontwerp-randvoorwaarden zoals referentiebuien, verwachte bodemdaling en zeespiegelrijzing aan te geven. Middels die methodiek en randvoorwaarden kan tevens worden ingespeeld op ontwikkelingen als zeespiegelrijzing, bodemdaling en klimaatswijziging. De normen zullen hiervoor niet hoeven te worden aangepast. Wel zullen veranderde omstandigheden tot gewijzigde randvoorwaarden en daarmee aangepaste dimensionering van het ontwerp leiden om aan de vastgestelde norm te kunnen (blijven) voldoen. In feite zou met een ontwerp-systematiek daar een aangepast landinrichtingsvademecum worden opgesteld. Het lijkt noodzakelijk dat dergelijke concrete uitgangspunten in het onderzoek waterbeheer 21e eeuw zullen worden vastgelegd. Wellicht zal zelfs tot een aanzet voor het ontwikkelen van een ontwerpmethodiek kunnen worden gekomen.

Wijziging van gebiedsfunctie

Het geschetste normensysteem voor het waterbeheer gaat uit van normen per gebruikstype van het gebied. Dat leidt er toe dat wijziging van het gebruik van een gebied ook kan leiden tot aanpassing van de beschermingsnormen en maatregelen ter vergroting van de bescherming tegen wateroverlast. Op zichzelf is dit geen nieuw fenomeen. Als op dit moment een gebied wordt ingericht voor bewoning wordt dit ook anders ingericht, daarmee ook de bescherming tegen wateroverlast vergroot, hoewel dit laatste niet (met normverhoging) gekwantificeerd wordt. De kosten hiervoor worden in de grondprijs verrekend danwel door het waterschap gedragen en via de omslagkosten doorberekend.
Minder gebruikelijk is het tot op heden om de waterhuishouding ook aan te passen als van grasland naar bijvoorbeeld akkerbouw of naar glastuinbouw wordt overgeschakeld. Dit zou echter een consequentie zijn van het vaststellen van waterbeheersingsnormen per gebruiksfunctie. Voorwaarde is wel dat tot een formele functiewijziging van het gebied zou moeten worden gekomen. Dat leidt derhalve tot een nauwe relatie tussen bestemmingsplan en waterhuishoudings- of waterbeheersplan.
Nader bezien moet worden op welke wijze de kosten voor de extra bescherming worden gefinancierd. Overwogen kan daarbij worden om de kosten van de extra bescherming direct ten laste te laten komen van het gewijzigde gebied. Op die manier kan het prijsmechanisme ook worden ingezet om het principe 'Water is ordenend' verder gestalte te geven. Immers, als de kosten door het gebied zelf moeten worden opgebracht wordt hierdoor bevorderd dat een gebied wordt gezocht waar de aanpassingskosten het laagst zijn.

Overigens zal het in de praktijk vaak zo zijn dat er geen formele functiewijziging plaatsvindt terwijl er toch van het vastgelegde gebruik van het gebied wordt afgeweken. Vooral bij verandering van teelt zal dit het geval zijn. Het voordeel van een normensysteem is dan dat ook voor de betreffende ondernemer duidelijk is welk risico door hem wordt genomen.

Periodieke controle

Met de hiervoor omschreven normering ontstaat voor de waterhuishouding een vergelijkbare situatie als bij de waterkeringszorg. Voor de waterkeringen is inmiddels en zelfs bij wet vastgelegd dat de primaire waterkeringen ook periodiek moeten worden getoetst aan de gestelde normen. Het verdient aanbeveling om indien ook voor de waterhuishouding tot een normering wordt gekomen hieraan tevens een periodieke toetsing van de handhaving van die normen te koppelen.

- - - - -

WW/SW
08.04.1999
ACE

B Landbouwkundige achtergronden van gewasgroei en gewasproductie

Gewasgroei en zuurstofverbruik

Landbouwgewassen onttrekken voor wortelgroei zuurstof aan de bodem. Voor een optimale gewasproductie is een aëroob wortelmilieu noodzakelijk. Aëratie - het proces van aanvoer van zuurstof en de afvoer van kooldioxide in de wortelzone - vindt voornamelijk plaats via diffusie tussen atmosfeer en bodemlucht. De hoeveelheid beschikbaar zuurstof in de bodemlucht wordt bepaald door het luchtgehalte (volumeaandeel lucht in de bodem) en de samenstelling van de bodemlucht. De samenstelling van bodemlucht is afhankelijk van de diepte in de bodem en de diffusiesnelheid. Het luchtgehalte neemt af en de diffusiesnelheid neemt zelfs sterk af naarmate de bodem natter wordt.

Het zuurstofverbruik in de bodem varieert van 80 tot 500 mg m-2 h-1. De zuurstof wordt gebruikt door het gewas, door micro-organismen en oxidatieprocessen. Op braakliggende grond is het zuurstofverbruik 40 % lager dan bij aanwezigheid van een gewas. Het verbruik van het gewas is afhankelijk van de hoeveelheid wortels, de wortelactiviteit en de temperatuur. Bij hoge temperaturen is het zuurstofverbruik groot. Bij onvoldoende aëratie neemt de wortelactiviteit af en wordt de groei van het gewas geremd. Onvoldoende aëratie in de bodem wordt veroorzaakt doordat de grotere doorlopende met lucht gevulde poriën in de bodem ontbreken of met water zijn gevuld. Dit kan zich voordoen bij ondiepe grondwaterstanden, door bodemverdichting of door het afsluiten van de bodem tengevolge van verslemping of overstroming. Onvoldoende beluchting in het ontwikkelingsstadium van een gewas leidt tot een slecht ontwikkeld, ondiep wortelstelsel waardoor de opnamecapaciteit voor water en voedingsstoffen beperkt zijn en het gewas niet optimaal groeit.

Gewasproductie en de lengte van het groeiseizoen

De lengte van het groeiseizoen bepaalt in belangrijke mate de gewasproductie : hoe eerder gezaaid en hoe later geoogst, hoe hoger de opbrengst. Beperkend voor het tijdstip van grondbewerken of zaaien en oogsten is voor zand- en veengronden de draagkracht en voor akker- en tuinbouw op zavel- en kleigronden de verkruimelbaarheid. Ook voor het tijdstip van beweiden is de draagkracht bepalend.

- De draagkracht van een bodem moet voldoende groot zijn opdat bij de werkzaamheden geen structuurschade door verdichting of versmering ontstaat. De draagkracht is afhankelijk van de dichtheid van de grond en van het vochtgehalte. Hoe hoger het vochtgehalte, hoe lager de draagkracht.

- Voor akker- en tuinbouw op zavel en klei gelden strenge eisen aan het vochtgehalte: bij een te hoog vochtgehalte zijn deze gronden plastisch en verdwijnt in het voorjaar de door bodembewerking verkregen bodemstructuur en kan in het najaar de meegeoogste grond moeilijk worden verwijderd. De maat voor de plasticiteit wordt de verkruimelbaarheid genoemd. Hoge grondwaterstanden en overstromingen leiden tot vochtgehalten in de bovengrond waarbij de grond niet kan worden bewerkt; hierdoor nemen de lengte van het groeiseizoen en de gewasproductie af.

- Gronden met 8 tot 20 % kleideeltjes zijn slempgevoelig: door vervloeiing van fijne bodemdeeltjes ontstaat een slempkorst aan het maaiveld. Dit gebeurt normaliter tijdens een hevige regenbui, maar ook bij hoge grondwaterstanden en na overstroming kan een dergelijke korst ontstaan. Deze korst veroorzaakt in het voorjaar natte omstandigheden waardoor grondbewerking moet worden uitgesteld. Op sterk slempgevoelige gronden kunnen depressies van 20 tot 30 % optreden (Boekel, 1973).

Door te laat zaaien kunnen opbrengstdepressies van 0.5 tot 1 % per dag optreden (Wind, 1960). Te vroeg oogsten (maïs, aardappelen, bieten) resulteert niet alleen in een mindere gewasopbrengst maar ook in een mindere kwaliteit van het product (lagere droge stofgehalten en/of suikergehalten). In extreme situaties kan niet worden geoogst en gaat de oogst verloren. Vertrappingsverliezen kunnen 15 tot 20 % van de opbrengst bedragen (Schothorst 1963).

Gewasproductie en waterkwaliteit

Door een slechte oppervlakte- of grondwaterkwaliteit kan schade ontstaan. Onderzoek naar de reactie van gewassen op de zoutconcentraties in de bodem is verricht na de inundaties in Zeeland aan het einde van WO2 (Van den Berg, 1950; Dorsman en Mattel 1951; Van den Berg 1952). Voor alle gewassen zijn attenderingswaarden voor waterkwaliteit (maximale toelaatbare concentratie van een stof) geformuleerd (Huinink 1993). Wanneer deze concentraties worden overschreden treedt schade op.

C Methodiek voor schatting landbouwkundige schade

In deze bijlage wordt een benadering geschetst met behulp waarvan schadefuncties kunnen worden afgeleid die benut kunnen worden voor de kwantificering van landbouwkundige schade tengevolge van (kortstondige) wateroverlast.

Te beschouwen vormen van schade

Op basis van de verschillende oorzaken wordt een aantal vormen van schade onderscheiden. Deze vormen worden hieronder genoemd waarbij tevens wordt aangegeven in hoeverre de betreffende vormen van schade kunnen worden gekwantificeerd. Bij het kwantificeren van deze vormen van schade zijn zowel het tijdstip als de duur van de wateroverlast van groot belang.

1. effect op bewerkbaarheid en kieming; deze effecten zijn goed te kwantificeren met de methode van Van Wijk et al. (1988);
2. effect op aeratie in het groeiseizoen; schadefuncties voor incidentele wateroverlast ontbreken;
3. zoutschade, deze schade kan worden geschat, de opbrengsten worden over langere periode negatief beïnvloed;
4. structuurschade kan de opbrengst over langere periode negatief beïnvloeden, het effect is moeilijk te kwantificeren.

Voor het kwantificeren van de schade is een maat nodig aan de hand waarvan de schade kan worden bepaald. Daarbij geldt als eis dat de betreffende maat eenvoudig waarneembaar moet zijn. De ECE is een geschikte maat voor zoutschade, de hoeveelheid beschikbaar zuurstof in de wortelzone is daarentegen geen geschikte maat voor natschade. Ook de GHG en GLG zijn geen geschikte maat voor het weergeven van opbrengstdepressies omdat de tijdschaal hiervan niet overeen komt met de tijdschaal van de processen. Een betere maat voor de natschade zijn overschrijdingsfrequenties van waterstanden (duurlijnen) of de SOWx (Som van Overschrijdingen van de Waterstand van x cm-mv). Beide maten houden echter geen rekening met het moment dat een extreme gebeurtenis optreedt.

Uitwerking van schadefuncties vergt dus allereerst het vaststellen van een geschikte maat voor het bepalen van schade. Hierbij te denken aan het aantal opeenvolgende dagen dat in een periode een bepaald niveau wordt overschreden; de periodes worden daarbij gewasspecifiek gedefinieerd op basis van bedrijfsvoering en ontwikkelingsstadium. Het gaat dan bijvoorbeeld om het aantal malen dat in het kiemstadium de grondwaterstand één, twee of drie opeenvolgende dagen ondieper is dan 0, 10, 20, .., onderkant wortelzone cm–mv.

Stappen bij afleiding van schadefuncties

Wanneer de te gebruiken maat is gedefinieerd, kan de volgende werkwijze worden toegepast om schade als gevolg van (hoog)wateroverlast te kwantificeren:

1. Per type gewas uitvoeren van modelberekeningen waarbij de schade als gevolg van wateroverlast door beperkingen in de afwatering wordt bepaald als het verschil ten opzichte van de gewasopbrengst in de situatie zonder beperkingen van het afwatersysteem. Het gewasgroeimodel berekent daarbij de reductie van de groei als gevolg van het bodemvochtgehalte of het zuurstofgehalte. Hiertoe wordt voor een serie weerjaren wateroverlastgebeurtenissen opgelegd voor periodes van 1, 2, 3, 5 en 10 dagen. Per gebeurtenis wordt met behulp van modelonderzoek het reductiepercentage vastgesteld; de resultaten worden vervolgens getoetst aan waarnemingen.

2. De resultaten van de gebeurtenissen voor alle weerjaren worden vervolgens statistisch gekarakteriseerd. Op basis van de berekende gemiddelde reductiepercentages per gewas kunnen perioden met een gelijke opbrengstdepressie worden onderscheiden.

3. De totale schade kan worden bepaald door voor de verschillende onderscheiden vormen van schade de factoren te cumuleren en daarmee de voor de normstelling benodigde eenvoudige tabel in te vullen.

4. De reële opbrengst per ha moet per grondgebruikvorm worden gekwantificeerd. Door deze waarden voortdurend te actualiseren met de gemiddelde prijs over de laatste 3-4 jaar kunnen de schaden tengevolge van wateroverlast voortdurend aan de actuele situatie worden aangepast. Omdat de opbrengst per teelt beschikbaar is, kunnen gewasgroepen verder worden uitgesplitst. Door de procentuele schade te vermenigvuldigen met de prijzen per ha wordt de directe schade in guldens berekend.

5. Tevens dienen de extra bedrijfskosten (indirecte schade) als gevolg van wateroverlast te worden gekwantificeerd. Ook de indirecte schade is tijdsafhankelijk; de extra bedrijfskosten zijn tot nu toe niet in de schattingen van de schade meegenomen.

6. Vervolgens dienen de verschillende schaden te worden gesommeerd tot de totale schade per gewas.

7. Tenslotte is het belangrijk de ontwikkelde tabellen of schadefuncties te vereenvoudigen opdat ze eenvoudig in analyses kunnen worden toegepast. Daarbij te overwegen om bepaalde grootheden (schade?, diepte?) dimensieloos te maken.